

**VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky**

**Variantní metody řešení pro vytápění rodinného domu  
Solving different methods for heating residential home**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniel Wierzgoň**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika  
Téma: Variantní metody řešení pro vytápění rodinného domu  
Solving different methods for heating rezidental home.

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor variant vytápění se zahrnutím metod multikriteriální analýzy
2. Výpočet tepelné ztráty rodinného domu
3. Výběr optimální varianty řešení pro zadaný objekt

Seznam doporučené odborné literatury:

Hradílek Z. Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení. Vydalo nakladatelství MONTANEX 2008.  
Hradílek Z. Lázníčková I, Král V. Elektrotepelná technika. Vydalo ČVUT Praha 2011.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Zdeněk Hradílek, DrSc.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019

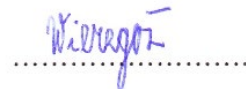


  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny použité literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.



podpis

V Ostravě 29.04.2019

Daniel Wierzgoň

**Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat panu prof. Ing. Zdeňku Hradílkovi, DrSc., doc. Ing. Vladimírovi Královi, Ph.D. a Ing. Tomáši Machů za cenné rady během tvorby mé diplomové práce.

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je seznámení se a porovnání různých možností vytápění a přípravy teplé užitkové vody v již existujícím rodinném domě. V první části se tato práce zabývá teoretickým přiblížením a rozebráním různých možností vytápění převážně pomocí tepelných čerpadel, ale i dalších alternativních zdrojů vytápění. V další části je realizován výpočet tepelných ztrát celého domu. Tento rodinný dům s jeho skutečnými a všemi dostupnými parametry byl následně zpracován pomocí programu TechCON, kdy byla zjištěna jeho celková tepelná ztráta. Hlavní část je věnována analýze různých variant. V této části byla každá varianta aplikována jako zdroj pro vytápění a přípravu TUV pro tento dům a dále byly vypočteny veškeré potřebné parametry pro zjištění celkových ročních provozních nákladů. V dalším bodu této práce jsou tato jak vypočtená, tak zjištěná data porovnána pomocí multikriteriální analýzy, podle mnou zvolených čtyř kritérií. V úplném závěru této práce je celkové zhodnocení, ve kterém jsem zhodnotil celou řešenou problematiku.

## **Klíčová slova**

Tepelné čerpadlo, bivalence, kotel na tuhá paliva, výhřevnost, plynový kondenzační kotel, spotřeba, vytápění, tepelná ztráta, teplá užitková voda, multikriteriální analýza, varianty, kritéria, investiční náklady, provozní náklady

## **Abstract**

The goal of this diploma work is an identification and comparison of different possibilities of heating and preparation of warm supply water in an existing family house. In the first part this work deals with a theoretical approach and analysis of different possibilities of heating mostly by using of heat pumps, but also other alternative heating sources. In the following part there is realized a calculation of heating losses of the whole house. This family house with its real and available characteristics was processed by a programme TechCON when its total loss was stated. The main part follows analysis of different options. In this part each option was applied as a source for heating and preparation TUV for this house and then there were calculated all needed characteristics for determination of total annual operation costs. In the following part of this work there are calculated and recognized data compared by multicriterial analysis due to my 4 selected criteria. In the end of this work there is a total evaluation in which I reviewed all solving problems.

## **Keywords**

A heat pump, bivalence, solid fuel boiler, heating power, gas condensing boiler, heating, heating loss, warm supply water, multicriterial analysis, options, criteria, investment costs, operation costs.

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	9
Seznam obrázků .....	14
Seznam tabulek .....	15
Úvod.....	16
1 Rozbor variant vytápění se zahrnutím metod multikriteriální analýzy .....	17
1.1 Obecný popis hodnocení pomocí multikriteriální analýzy.....	17
1.1.1 Postup pro aplikaci metody TOPSIS.....	17
1.2 Tepelná čerpadla .....	19
1.2.1 Princip tepelného čerpadla .....	19
1.3 Druhy tepelných čerpadel.....	20
1.3.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda.....	20
1.3.2 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch .....	21
1.3.3 Tepelné čerpadlo země/voda .....	21
1.3.4 Tepelné čerpadlo voda/voda.....	22
1.4 Provoz tepelných čerpadel .....	23
1.4.1 Monovalentní provoz .....	23
1.4.2 Monoenergetický provoz.....	23
1.4.3 Bivalentní provoz .....	23
1.5 Kotel.....	24
1.5.1 Prohořivací kotel .....	24
1.5.2 Odhořivací kotel.....	24
1.5.3 Zplyňovací kotel.....	24
1.5.4 Kotel s automatickým podavačem .....	24
1.5.5 Plynový kotel.....	25
1.5.6 Plynový kondenzační kotel .....	25
2 Výpočet tepelné ztráty rodinného domu .....	26
2.1 Obecný popis rodinného domu.....	26
2.2 Tepelné ztráty .....	27
2.3 Výpočet potřebné tepelné energie pro vytápění a přípravu TUV.....	30
2.3.1 Výpočet potřebné tepelné energie pro vytápění .....	30
2.3.2 Výpočet potřebné tepelné energie pro přípravu TUV .....	31
3 Rozbor variant vytápění .....	33

3.1	Tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan (vzduch/voda) (Varianta č.1)	33
3.1.1	Základní popis technologie monovalentního provozu	33
3.1.2	Graf bodu bivalence tohoto tepelného čerpadla	35
3.1.3	Stručný popis provozu soustavy s tepelným čerpadlem MITSUBISHI	36
3.1.4	Zjištění potřebných hodnot pro výpočet spotřeby	36
3.1.5	Výpočet dob provozů tohoto tepelného čerpadla	38
3.1.6	Výpočty spotřeb elektrické energie pro provoz	38
3.2	Tepelné čerpadlo IVT (země/voda) (Varianta č.2)	40
3.2.1	Graf bodu bivalence tohoto tepelného čerpadla	41
3.2.2	Stručný popis provozu soustavy s tepelným čerpadlem IVT	42
3.2.3	Zjištění potřebných hodnot pro výpočet spotřeby	42
3.2.4	Výpočet dob provozů tohoto tepelného čerpadla	43
3.2.5	Výpočty spotřeb elektrické energie pro provoz	44
3.3	Plynový kondenzační kotel BAXI (Varianta č.3)	45
3.3.1	Stručný popis provozu soustavy s kondenzačním kotlem	46
3.3.2	Výpočet roční spotřeby plynu pro provoz tohoto kotle	46
3.3.3	Výpočet dob provozů kondenzačního kotle	47
3.3.4	Celková spotřeba elektrické energie pro kondenzační kotel	47
3.4	Kotel na tuhá paliva BENEKOV (Varianta č.4)	48
3.4.1	Stručný popis provozu kotle na tuhá paliva Benekov	49
3.4.2	Dimenzování přípravy TUV	50
3.4.3	Roční spotřeba energie pro vytápění a přípravu TUV pomocí kotle	50
3.4.4	Výpočty dob provozů kotle na tuhá paliva	51
3.4.5	Doba provozu oběhového čerpadla pro přípravu TUV během topné sezóny	51
3.4.6	Celková spotřeba elektrické energie pro kotel na tuhá paliva	51
4	Ekonomické zhodnocení všech variant	53
4.1	Tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan (Varianta č.1)	53
4.1.1	Investiční náklady	53
4.1.2	Provozní náklady	53
4.2	Tepelné čerpadlo IVT (Varianta č.2)	56
4.2.1	Investiční náklady	56
4.2.2	Provozní náklady	56
4.3	Plynový kondenzační kotel BAXI (Varianta č.3)	58
4.3.1	Investiční náklady	58

4.3.2	Provozní náklady .....	59
4.4	Kotel na tuhá paliva BENEKOV (Varianta č.4) .....	61
4.4.1	Investiční náklady .....	62
4.4.2	Provozní náklady .....	62
5	Výběr optimální varianty řešení pro zadaný objekt .....	64
5.1	Výpočet konkrétní multikriteriální analýzy pomocí metody TOPSIS .....	64
6	Závěr .....	67
	Seznam použité literatury .....	69
	Seznam příloh .....	72



## Seznam použitých zkratk a symbolů

$A$	Ampér [A]
$COP$	Topný faktor
$CzOTE$	Cena za činnost operátora trhu [Kč]
$c$	Měrná tepelná kapacita [ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ]
$D$	Počet topných dnů [ $K \cdot dny$ ]
$DzE$	Daň z elektřiny [Kč]
$D01d$	Základní tarif s jednou sazbou
$D57d$	Tarif pro tepelná čerpadla
$d$	Vytápěcí denostupně
$E_{kot\ celk}$	Celková spotřeba energie pro kotel na tuhá paliva [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_{kot\ TUV}$	Energie pro přípravu TUV pomocí kotle roční [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_{kot\ vyt}$	Energie pro vytápění kotlem roční [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ celk$	Celková spotřeba elektrické energie pro provoz kotle a TUV v létě [ $kWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ elt\ TUV$	Spotřeba elektrické energie pro elektrické nahřívání TUV [ $kWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ kot$	Celková spotřeba elektrické energie pro vytápění a přípravu TUV [ $kWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ kok\ cel$	Celková spotřeba elektrické energie pro provoz kondenzačního kotle [ $kWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ kot\ obč$	Spotřeba elektrické energie pro oběhová čerpadla kotle [ $kWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ TUV\ obč$	Spotřeba oběhového čerpadla pro provoz při přípravě TUV [ $kWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ tč1\ cel$	Celková spotřeba tepelného čerpadla č.1 [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ tč2\ cel$	Celková spotřeba tepelného čerpadla č.2 [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ tč1\ obč$	Spotřeba oběhového čerpadla pro tepelné čerpadlo č.1 [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ tč2\ obč$	Spotřeba oběhového čerpadla pro tepelné čerpadlo č.2 [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ tč1\ TUV\ let$	Spotřeba tepelného čerpadla č.1 pro přípravu TUV v létě [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ tč1\ TUV\ zim$	Spotřeba tepelného čerpadla č.1 pro přípravu TUV v zimě [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_s\ tč1\ vyt$	Spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla č.1 pro vytápění [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]

$E_{s\ tč2\ TUV\ let}$	Spotřeba tepelného čerpadla č.2 pro přípravu TUV v létě [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_{s\ tč2\ TUV\ zim}$	Spotřeba tepelného čerpadla č.2 pro přípravu TUV v zimě [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$E_{s\ tč2\ vyt}$	Spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla č.2 pro vytápění [ $MWh \cdot rok^{-1}$ ]
$H$	Nadmořská výška [m]
$H_{pal}$	Výhřevnost paliva [ $MJ \cdot kg^{-1}$ ]
$Jkoc$	Jednotková komoditní cena [Kč]
$M_{pal}$	Roční množství potřebného paliva [ $kg \cdot rok^{-1}$ ]
$N_I$	Investiční náklady [Kč]
$NT$	Nízký tarif [ $MWh$ ]
$N_P$	Provozní náklady [Kč]
$N_{pal}$	Cena spotřebovaného paliva [ $Kč \cdot rok^{-1}$ ]
$n$	Počet osob
$n_{min}$	Minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [ $l \cdot h^{-1}$ ]
$n_{pal}$	Cena paliva [Kč]
$OTE$	Činnost operátora trhu [Kč]
$PCzOP$	Pevná cena za odebraný plyn [Kč]
$P_d$	Dodaný elektrický výkon [kW]
$POZE$	Podpora výkupu obnovitelných zdrojů
$POZE_j$	Podpora výkupu obnovitelných zdrojů podle jističe [Kč]
$POZE_s$	Podpora výkupu obnovitelných zdrojů podle spotřeby [Kč]
$P_{kot}$	Výkon kotle na tuhá paliva [kW]
$P_{kok\ TUV}$	Výkon kondenzačního kotle pro přípravu TUV [kW]
$P_{kok\ vyt}$	Výkon kondenzačního kotle pro vytápění [kW]
$P_p$	Výkon topného systému [kW]
$P_{p\ el\ TUV}$	Příkon topné spirály pro přípravu TUV [kW]
$P_{p\ kok}$	Příkon kondenzačního kotle [W]

$P_{p\ kot}$	Příkon kotle na tuhá paliva [W]
$P_{p\ obč}$	Příkon oběhového čerpadla pro kotel na tuhá paliva [W]
$P_{p\ pod}$	Příkon podpůrných obvodů kondenzačního kotle [W]
$P_{p\ tč\ obč}$	Příkon oběhového čerpadla pro topnou soustavu [W]
$P_{p\ tč1\ 4/45}$	Příkon tepelného čerpadla č.1 při venkovní teplotě 4 °C a 45 °C topné vody [kW]
$P_{p\ tč1\ 4/55}$	Příkon tepelného čerpadla č.1 při venkovní teplotě 4 °C a 55 °C topné vody [kW]
$P_{p\ tč1\ 17,5/55}$	Příkon tepelného čerpadla č.1 při venkovní teplotě 17,5 °C a 55 °C topné vody [kW]
$P_{p\ tč2\ 4/45}$	Příkon tepelného čerpadla č.2 při venkovní teplotě 4 °C a 45 °C topné vody [kW]
$P_{p\ tč2\ 4/55}$	Příkon tepelného čerpadla č.2 při venkovní teplotě 4 °C a 55 °C topné vody [kW]
$P_{p\ tč2\ 17,5/55}$	Příkon tepelného čerpadla č.2 při venkovní teplotě 17,5 °C a 55 °C topné vody [kW]
$P_{tč1\ 4/45}$	Výkon tepelného čerpadla č.1 při venkovní teplotě 4 °C a 45 °C topné vody [kW]
$P_{tč1\ 4/55}$	Výkon tepelného čerpadla č.1 při venkovní teplotě 4 °C a 55 °C topné vody [kW]
$P_{tč1\ 17,5/55}$	Výkon tepelného čerpadla č.1 při venkovní teplotě 17,5 °C a 55 °C topné vody [kW]
$P_{tč2\ 4/45}$	Výkon tepelného čerpadla č.2 při venkovní teplotě 4 °C a 45 °C topné vody [kW]
$P_{tč2\ 4/55}$	Výkon tepelného čerpadla č.2 při venkovní teplotě 4 °C a 55 °C topné vody [kW]
$P_{tč2\ 17,5/55}$	Výkon tepelného čerpadla č.2 při venkovní teplotě 17,5 °C a 55 °C topné vody [kW]
$Q_C$	Projektovaná celková tepelná ztráta objektu [kW]
$Q_{cel\ kok}$	Celková spotřeba plynu kondenzačním kotlem za rok [MWh · rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{kok\ TUV}$	Spotřeba plynu pro přípravu TUV pomocí kondenzačního kotle [MWh]
$Q_{kok\ vyt}$	Spotřeba plynu pro vytápění kondenzačním kotlem [MWh]
$Q_T$	Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla [W]
$Q_{TUV\ den}$	Potřeba tepla pro přípravu TUV denní [kWh · den <sup>-1</sup> ]
$Q_{TUV\ rok}$	Potřeba tepla pro přípravu TUV roční [MWh · rok <sup>-1</sup> ]
$Q_V$	Projektovaná tepelná ztráta větráním [W]
$Q_{vyt\ den}$	Potřeba tepla pro vytápění denní [kWh · den <sup>-1</sup> ]
$Q_{vyt\ rok}$	Potřeba tepla pro vytápění roční [MWh · rok <sup>-1</sup> ]

$Q_{z\ TUV}$	Statická ztráta zásobníku TUV [W]
$Q_{z\ TUV\ den}$	Statická ztráta zásobníku TUV denní [kW · den <sup>-1</sup> ]
$R$	Normalizovaná kritériální matice
$R_T$	Odpor při prostupu tepla konstrukce [m <sup>2</sup> · K · W <sup>-1</sup> ]
$SS$	Systémové služby [Kč]
$S$	Plocha [m <sup>2</sup> ]
$S_{int}$	Plocha místnosti [m <sup>2</sup> ]
$SP$	Stálá platba [Kč]
$SPzPK$	Stálý plat za přistavenou kapacitu [Kč]
$SPzRPpJ$	Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe [Kč]
$t_e$	Výpočetní teplota v exteriéru [°C]
$t_{em}$	Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období [°C]
$t_{es}$	Průměrná teplota v topném období [°C]
$t_{int}$	Vnitřní teplota vytápěného objektu [°C]
$t_{is}$	Výpočetní teplota v interiéru [°C]
$t_{kot\ celk}$	Doba provozu kotle pro vytápění a přípravu TUV [h]
$t_{kok\ TUV}$	Doba provozu kondenzačního kotle pro přípravu TUV [h]
$t_{kok\ vyt}$	Doba provozu kondenzačního kotle pro vytápění [h]
$t_{kot\ TUV}$	Doba provozu kotle na tuhá paliva pro přípravu TUV [h]
$t_{obč\ TUV}$	Doba provozu oběhového čerpadla pro přípravu TUV pomocí kotle [h]
$t_{tč1\ TUV\ lét}$	Doba provozu tepelného čerpadla č.1 na přípravu TUV léto [h]
$t_{tč1\ TUV\ zim}$	Doba provozu tepelného čerpadla č.1 na přípravu TUV zima [h]
$t_{tč1\ vyt}$	Doba provozu tepelného čerpadla č.1 na vytápění [h]
$t_{tč2\ TUV\ lét}$	Doba provozu tepelného čerpadla č.2 na přípravu TUV léto [h]
$t_{tč2\ TUV\ zim}$	Doba provozu tepelného čerpadla č.2 na přípravu TUV zima [h]
$t_{tč2\ vyt}$	Doba provozu tepelného čerpadla č.2 na vytápění [h]
$U$	Součinitel prostupu tepla konstrukce [W · K <sup>-1</sup> · m <sup>-2</sup> ]

$V_{osb\ den}$	Množství TUV na osobu/den [l]
$V_{int}$	Objem místnosti [m <sup>3</sup> ]
$V_{min\ int}$	Hygienický minimální objemový tok vzduchu vytápěného prostoru [m <sup>3</sup> · h <sup>-1</sup> ]
$VT$	Vysoký tarif [MWh]
$W$	Vážená kritériální matice [-]
$z$	Koeficient energetických ztrát systému
$\varepsilon$	Opravný součinitel [-]
$\eta_{kok\ TUV}$	Účinnost kondenzačního kotle pro přípravu TUV [-]
$\eta_{kok\ vyt}$	Účinnost kondenzačního kotle pro vytápění [-]
$\eta_{kot}$	Účinnost kotle na tuhá paliva pro vytápění a přípravu TUV [-]
$\eta_r$	Účinnost rozvodů vytápění [-]
$\eta_{TUV}$	Účinnost akumulční nádoby na TUV
$\eta_0$	Účinnost regulace [-]
$\varphi$	Měrná hmotnost [Kg · m <sup>-3</sup> ]

## Seznam obrázků

Obrázek 1.Princip tepelného čerpadla [2] .....	19
Obrázek 2.Tepelné čerpadlo vzduch/voda [2].....	20
Obrázek 3.Tepelné čerpadlo s geotermálním vrtem [2] .....	21
Obrázek 4.Tepelné čerpadlo s plošným kolektorem [2].....	22
Obrázek 5.Tepelné čerpadlo s výskytem spodních vod [2].....	22
Obrázek 6.Ukázka stanovení bodu bivalence [2] .....	23
Obrázek 7.Funkční schéma automatického kotle na tuhá paliva [3].....	25
Obrázek 8.Stávající kotel na tuhá paliva a bojler na TUV .....	26
Obrázek 9.Ukázka výpočtu součinitele přestupu tepla venkovní škvárobetonové stěny 450 mm. [7] ..	27
Obrázek 10.Vyhodnocení dané konstrukce [7] .....	28
Obrázek 11.Venkovní jednotka Mitsubishi Zubadan PUHZ-SHW230YKA [14] .....	34
Obrázek 12.Vnitřní jednotka Ecodan [11] .....	34
Obrázek 13.Určení bodu bivalence tepelného čerpadla Mitsubishi Zubadan .....	35
Obrázek 14.Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE C11 [19].....	41
Obrázek 15.Určení bodu bivalence tepelného čerpadla IVT.....	41
Obrázek 16.Vnitřní schéma kondenzačního kotle LUNA Duo-TECH+28 [20] .....	45
Obrázek 17.Kotel BENEKOV C27[23] .....	49

## Seznam tabulek

Tabulka 1.Parametry všech neprůsvitných částí dané budovy .....	27
Tabulka 2.Parametry všech průsvitných částí dané budovy.....	28
Tabulka 3.Tepelné ztráty celého posuzovaného rodinného domu .....	29
Tabulka 4.Venkovní výpočtové teploty a topná období dle lokalit [8] .....	30
Tabulka 5.Technické parametry Zubadan PUAZ-SHW230YKA [11] .....	33
Tabulka 6.Parametry daného tepelného čerpadla pro topnou vodu 45 °C [11].....	36
Tabulka 7.Statistika pro získání průměrné venkovní teploty mimo topnou sezónu [15] .....	37
Tabulka 8.Dopočtené hodnoty pro topnou vodu 45 °C.....	37
Tabulka 9.Dopočtené hodnoty pro topnou vodu 55 °C.....	37
Tabulka 10.Technické parametry IVT GREENLINE C11 [18].....	40
Tabulka 11.Dopočtené hodnoty pro topnou vodu 45 °C.....	42
Tabulka 12.Dopočtené hodnoty pro topnou vodu 55 °C.....	43
Tabulka 13.Technické parametry LUNA Duo-TECH+28 [20] .....	45
Tabulka 14.Technické parametry kotle BENEKOV C27[22].....	48
Tabulka 15.Předepsané vlastnosti paliv pro kotel BENEKOV C27[22].....	48
Tabulka 16.Porovnání parametrů paliv a cen od dodavatele [24], [25] .....	49
Tabulka 17.Investiční náklady na tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan .....	53
Tabulka 18.Ceník (ČEZ) se sazbou D57d pro variantu č.1[28] .....	54
Tabulka 19.Celkové provozní náklady pro variantu č.1 .....	55
Tabulka 20.Investiční náklady na tepelné čerpadlo IVT.....	56
Tabulka 21.Ceník (ČEZ) se sazbou D57d pro variantu č.2[28] .....	57
Tabulka 22.Celkové provozní náklady pro variantu č.2 .....	58
Tabulka 23.Investiční náklady na plynový kotel BAXI [29] .....	59
Tabulka 24.Ceník (ČEZ) se sazbou D01d pro variantu č.3 [28] .....	59
Tabulka 25.Provozní náklady za elektřinu pro variantu č.3.....	60
Tabulka 26.Ceník (EON) pro spotřebu (63-315 MWh) pro variantu č.3 [30] .....	60
Tabulka 27.Provozní náklady za plyn pro variantu č.3 .....	61
Tabulka 28.Investiční náklady na kotel na tuhá paliva BENEKOV .....	62
Tabulka 29.Ceník (ČEZ) se sazbou D01d pro variantu č.4 [28] .....	63
Tabulka 30.Provozní náklady za elektřinu pro variantu č.4.....	63
Tabulka 31.Popis daných variant pro MCA.....	64
Tabulka 32.Popis daných kritérií a vah pro MCA.....	64
Tabulka 33.Hodnoty variant a kritérií dané MCA .....	65
Tabulka 34.Normalizovaná matice .....	65
Tabulka 35.Vážená kritériální matice W.....	65
Tabulka 36.Hodnoty ideální a bazální varianty.....	66
Tabulka 37.Výpočet vzdálenosti od ideální a bazální varianty .....	66
Tabulka 38.Relativní ukazatel vzdálenosti s výsledným pořadím MCA .....	66

## Úvod

Topná soustava v domě je jedna z nejdůležitějších součástí, kterou pro naše pohodlí ať už v panelovém domě, nebo v rodinném domě vyžadujeme. Zajišťuje nám příjemné teploty převážně v zimních měsících a také se stará o dostatek teplé vody pro naše potřeby, kdykoliv ji potřebujeme. Proto je důležité se o topnou soustavu dobře starat a dále se snažit, abychom za toto pohodlí museli platit co nejméně. Nás jako provozovatele dané topné soustavy bude určitě nejvíce zajímat množství finančních prostředků, které musíme pro tento provoz v průběhu celého roku vynaložit. Proto je dobré sledovat nové trendy a možnosti, kterými můžeme již starší topnou soustavu nahradit a díky tomu i snížit provozní náklady a zvýšit i například komfort provozu.

Téma této práce jsem si vybral, protože mě tato problematika velice zajímá a chtěl jsem se do ní více ponořit. Je to také způsobeno tím, že sám bydlím v rodinném domě, který využívá starší topnou soustavu. Proto jsem se chtěl dozvědět a porovnat jaké jsou výhody a nevýhody různých alternativ pro vytápění a na co si mám jako potencionální zákazník při rekonstrukci topné soustavy v domě dávat pozor, případně čemu se vyvarovat.

Pro kvalitní topnou soustavu je důležité, aby byla na daný objekt dobře nadimenzovaná. Když tento bod podceníme, může se nám také stát, že místo nižších provozních nákladů budeme muset zdroj topení provozovat na maximální topný výkon během velké části topné sezóny, což se následně odrazí ve vysokých provozních nákladech. Jako první bod musíme vypočítat tepelnou ztrátu celého domu. Vycházíme z dat, která máme přímo o daném objektu. Výhoda nových staveb je v tom, že data k těmto objektům jsou již z větší části graficky zpracována v digitální podobě. Bohužel starší domy byly ještě kresleny pouze na papír, proto je tento krok poněkud obtížnější.

Pro návrh topné soustavy tohoto domu jsem vycházel ze čtyř zvolených variant pro vytápění. V první části se jedná o dva rozdílné druhy tepelných čerpadel. Jako další dvě alternativy jsem si zvolil plynový kondenzační kotel a kotel na tuhá paliva s automatickým podavačem. Kotel na tuhá paliva a plynový kondenzační kotel jsem zvolil proto, že momentálně jsou oba tyto typy využívány pro provoz topné soustavy a velice mě zajímalo, jak si jejich modernější alternativy poradí ve srovnání s dvěmi rozdílnými typy tepelných čerpadel.

Pro vyhodnocení všech těchto variant jsem zvolil multikriteriální analýzu, kde pomocí zjištěných nebo vypočtených parametrů můžeme matematicky vyjádřit, která z daných variant by byla pro zvolený dům nejvýhodnější.



# 1 Rozbor variant vytápění se zahrnutím metod multikriteriální analýzy

## 1.1 Obecný popis hodnocení pomocí multikriteriální analýzy

Při řešení různých rozhodování se můžeme často setkat s tím, že ideální rozhodnutí musí vyhovovat více než jednomu danému kritériu. Tato různá kritéria mohou mít jak kvantitativní, tak kvalitativní charakter, ale mohou také nabývat jak maximalizačního, tak minimalizačního charakteru. To znamená, že nás může v jednom případě zajímat maximální hodnota (jako příklad může být naše výplata) a v jiném případě ta minimální (tedy například cena, kterou musíme zaplatit, abychom se vůbec dopravili do práce). Toto vše nás může dovést do situace, kdy si nebudeme jisti, jaká varianta je pro nás důležitější neboli lepší. Proto existují různé druhy multikriteriální analýzy, pomocí kterých můžeme aplikací různých matematických vzorců dospět pouze k jednomu výsledku. [1]

Varianty dané rozebírané problematiky můžeme popsat jako další alternativy, mezi kterými se v dané problematice budeme rozhodovat. A kritéria jsou hlediska, podle kterých budeme dané varianty mezi sebou posuzovat. [1]

### 1.1.1 Postup pro aplikaci metody TOPSIS

Mnou vybraná metoda pro multikriteriální rozhodování se jmenuje TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). V této metodě TOPSIS se jedná o to, že snižujeme vzdálenost od nejlepší varianty. A nejlepší varianta je taková, u které se hodnoty kritérií blíží těm, které od dané problematiky požadujeme. [1]

Hlavním předpokladem, pro řešení této metody je mít kritériální hodnoty pro jednotlivé varianty a samozřejmě i váhy daných kritérií. Dále jsou kritériální hodnoty uspořádány v kritériální matici  $Y = (y_{ij})$ , kde  $y_{ij}$  je hodnota  $i$ -té varianty, která je hodnocena podle  $j$ -tého kritéria. Hlavní část této metody je založena na výběru varianty, která se nejvíce blíží ideální variantě. Tato ideální varianta je pak reprezentována vektorem  $(H_1, H_2, \dots, H_k)$  a nejvíce vzdálená od bazální varianty, která je reprezentována vektorem  $(D_1, D_2, \dots, D_k)$ . [1]

Nejprve sestavíme normalizovanou kritériální matici  $R = (r_{ij})$ , kde pro tento výpočet normalizovaných hodnot použijeme vzorec

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (y_{ij})^2}} \quad 1.1$$

Kde:

$$i = 1, 2, \dots, p$$

$$j = 1, 2, \dots, k$$

Po této úpravě jsou sloupce v matici  $R$  vektory jednotkové délky. Dále můžeme vypočítat váženou kritériální matici  $W$  tak, že každý  $j$ -tý sloupec normalizované kritériální matice  $R$  násobíme odpovídající vahou  $v_j$ :

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1k} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2k} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_{p1} & w_{p2} & \dots & w_{pk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \cdot r_{11} & v_2 \cdot r_{12} & \dots & v_k \cdot r_{1k} \\ v_1 \cdot r_{21} & v_2 \cdot r_{22} & \dots & v_k \cdot r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_1 \cdot r_{p1} & v_2 \cdot r_{p2} & \dots & v_k \cdot r_{pk} \end{bmatrix} \quad 1.2$$

Jako další krok můžeme určit hodnoty ideální varianty  $H = (H_1, H_2, \dots, H_k)$  a také hodnoty bazální varianty  $D = (D_1, D_2, \dots, D_k)$  vzhledem k hodnotám z vážené kritériální matice,

Kde:

$$H_j = \max_i(w_{ij}); \quad i = 1, 2, \dots, k;$$

$$D_j = \min_i(w_{ij}); \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

Další krok je ten, že vypočítáme vzdálenost od ideální varianty

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - H_j)^2}; i = 1, 2, \dots, p \quad 1.3$$

a také, vypočítáme vzdálenost od bazální varianty

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - D_j)^2}; i = 1, 2, \dots, p \quad 1.4$$

při obou těchto výpočtech se využívá Euklidovy míry vzdálenosti. [1]

Jako další krok můžeme podle dalšího vzorce vypočítat relativní ukazatel vzdálenosti variant od ideální (bazální) varianty:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}; i = 1, 2, \dots, p \quad 1.5$$

Pro hodnoty  $c_i$  musí platit:

$$0 \leq c_i \leq 1$$

$$c_i = 0 \Leftrightarrow a_i \approx (D_1, D_2, \dots, D_k) \quad 1.6$$

$$c_i = 1 \Leftrightarrow a_i \approx (H_1, H_2, \dots, H_k)$$

1.7

Výsledné varianty seřadíme podle hodnot  $c_i$ , od největší, tedy nejlepší vyhodnocené varianty po nejmenší, tedy nejhorší variantu. [1]

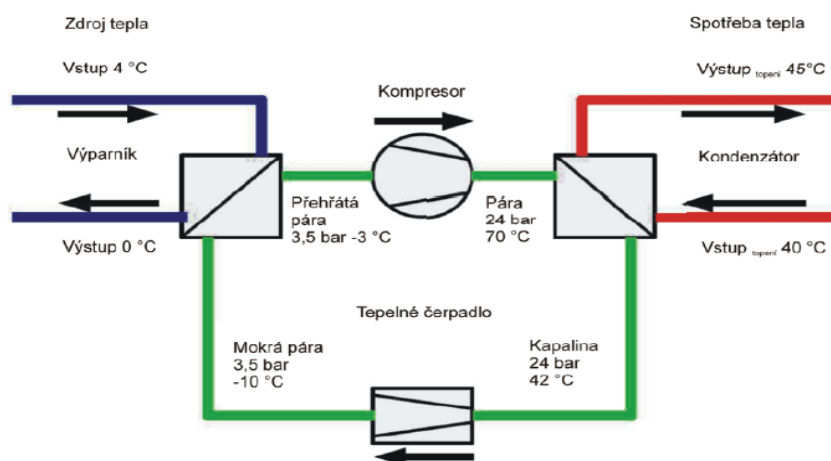
## 1.2 Tepelná čerpadla

Jedná se v posledních letech o jeden z nejvíce se rozšiřujících způsobů vytápění jak nově postavených domů, tak stávajících domů, které prochází rekonstrukcí topného systému. Největším lákadlem těchto systémů vytápění jsou po dobrém nadimenzování dané topné soustavy objektu celkem nízké provozní náklady v porovnání s dalšími možnostmi vytápění, jako je například kotel na tuhá paliva. Jeden z hlavních problémů, který by však mohl potenciálního zájemce odradit v závislosti na velikosti daného objektu a jeho energetické náročnosti, je vyšší pořizovací cena takového systému.

### 1.2.1 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo pracuje pomocí tzv. Carnotova cyklu. Toto si můžeme představit jako opačný princip kompresorové ledničky s tím rozdílem, že kompresorová lednička vytváří chlad pro uchovávání různých druhů potravin a tepelné čerpadlo vytváří naopak teplo pro vytápění obytných prostorů. [2]

Tepelné čerpadlo se skládá z výparníku, který odnímá nízkopotenciální teplo z okolí vytápěného objektu. Dále předává toto teplo teplonosnému médium, které koluje stále dokola v daném tepelném čerpadle, ale během své cesty mění fyzikální vlastnosti. Tento koloběh můžeme popsat ve čtyřech krocích. Jako první krok toto médium putuje do kompresoru, kde dojde ke zvýšení jeho tlaku, a tím i jeho teploty, tedy kapalně médium se změnilo na páru. Hodnoty teploty a tlaku tohoto média před a po průchodu kompresorem můžeme vidět na (Obr. č.1). Dále tato pára putuje do kondenzátoru, kde předává získanou teplotu již topnému okruhu daného vytápěného objektu. Nejčastěji se využívá pro rozvod tepla po objektu voda, ale může se toto teplo rozvádět po menších objektech pomocí vzduchotechniky. Po odejmutí určité části tohoto tepla pokračuje pára dále do expanzního ventilu, kde se sníží její tlak, i s tímto spojená teplota. Tento okruh dále přichází opět do výparníku, kde se celý popsaný postup uzavírá a opakuje se stále dokola. [2]



Obrázek 1. Princip tepelného čerpadla [2]

U všech tepelných čerpadel se udává takzvaný topný faktor. Jedná se jednoduše řečeno o „účinnost“ tepelného čerpadla. Přesněji se jedná o poměr vyrobeného tepelného výkonu a spotřebované elektrické energie. To znamená, že čím větší je hodnota topného faktoru, tím větší je účinnost daného tepelného čerpadla a s tím spojené nižší provozní náklady. Hodnoty topných faktorů se pohybují v rozmezí 1–7. Je to závislé převážně na typu tepelného čerpadla a jeho kompresoru a dalších parametrech. [2]

$$COP = \frac{P_p}{P_d} \quad [-], \quad 1.8$$

Kde:

$COP$  – je topný faktor [-];

$P_p$  – je výkon topného systému [kW];

$P_d$  – je dodaný elektrický výkon [kW].

### 1.3 Druhy tepelných čerpadel

#### 1.3.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

V dnešní době se můžeme setkat s více typy těchto tepelných čerpadel. Nejčastější jsou takzvaná vzduchová tepelná čerpadla, tedy přesněji **vzduch/voda**. Zde výparník odnímá teplo z prostředí okolního vzduchu, ale jako medium pro vytápění daného objektu se již využívá voda. Jedná se o tepelná čerpadla s převážně nejnižší pořizovací cenou, ale na druhou stranu s největšími provozními náklady v porovnání s dalšími typy. Toto čerpadlo je velmi závislé na teplotě okolního vzduchu, ze kterého odnímá energii. Tato čerpadla se musí navrhnut na bivalentní provoz, to znamená, že když poklesne venkovní teplota pod bivalentní bod, tepelné čerpadlo se vyřadí z provozu a celou funkci vytápění daného objektu přebírá plnohodnotný náhradní zdroj. [2]



Obrázek 2. Tepelné čerpadlo vzduch/voda [2]

### 1.3.2 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch

Dalším typem je tepelné čerpadlo **vzduch/vzduch**. Princip tohoto tepelného čerpadla je stejný s předchozím typem. Rozdíl je pouze v tom, že toto tepelné čerpadlo nevyužívá jako nosič tepelné energie vodu, ale vzduch. Proto se hodí pouze pro vytápění menších domů, nebo například chat. Tento typ je již lepší využívat spolu s rekuperační jednotkou pro zvýšení účinnosti tohoto typu vytápění. [2]

### 1.3.3 Tepelné čerpadlo země/voda

Dalším typem je tepelné čerpadlo **země/voda**. Jedná se o tepelné čerpadlo, které může získat tepelnou energii ze země více způsoby a dále jako teplonosné médium využívá vodu. Toto tepelné čerpadlo je jedno z nejstabilnějších, jelikož teplota země nekolísá tak značně, jako teplota vzduchu. Proto toto čerpadlo není třeba provozovat se záložním zdrojem, jelikož dobře nadimenzované dokáže vyrobit dostatek tepelné energie v průběhu celého roku. Hlavní nevýhodou tohoto systému je celkem vysoká finanční náročnost při pořizování, která je spojená se zemními pracemi, které jsou pro instalaci tohoto typu čerpadla nezbytné. [2]

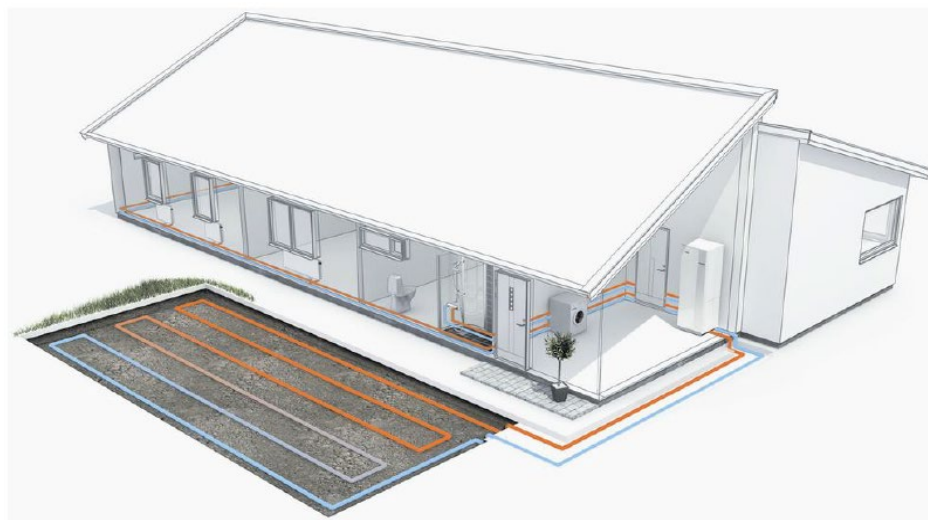
Prvním typem, jak získat tuto tepelnou energii ze země je **geotermální vrt**. Tato tepelná čerpadla využívají nízkopotenciální energii, která je uložena v zemi. Teplota roste se snižující se vzdáleností od jádra země. Maximální hloubka vrtu se pohybuje okolo 150 m, naopak minimální hloubka pro dosažení požadované teploty je 50 m. Na 1kW tepelného výkonu čerpadla je potřeba hloubka vrtu okolo 12-18 m. Pokud je výkon jednoho vrtu nedostatečný, doporučuje se více vrtů, které jsou určeny pro jeden a ten samý systém. S pomocí moderních technologií není již tvorba takového vrtu tak náročná, ale jedná se o finančně nejnáročnější součást tohoto tepelného čerpadla. [2]



Obrázek 3. Tepelné čerpadlo s geotermálním vrtem [2]

Druhým způsobem, jak získat tuto tepelnou energii ze země je **plošný kolektor**. Zde využíváme naakumulovanou sluneční energii uloženou 20 cm pod povrchem země. Tento způsob je sice v porovnání s geotermálním vrtem levnější, ale zároveň je potřeba pro jeho realizaci náročnějších výkopových prací. Musíme mít také na vědomí to, že plocha plošného kolektoru by měla vyrovnat zastavěnou plochu obytného domu. Topný faktor tohoto tepelného čerpadla nebude tak stálý jako

u geotermálního vrtu, jelikož je tento plošný kolektor umístěn přibližně 20 cm pod povrchem země, kde teplota kolísá již značněji. [2]



Obrázek 4. Tepelné čerpadlo s plošným kolektorem [2]

#### 1.3.4 Tepelné čerpadlo voda/voda

Posledním typem je tepelné čerpadlo **voda/voda**. Jedná se o tepelná čerpadla, které odebírají tepelnou energii z vody a jako topné médium pro vytápění je využívána také voda. Tento typ tepelného čerpadla v některých lokalitách bohužel nemůže být použit, jelikož se zde musí vyskytovat dostatek povrchových nebo spodních vody pro provoz tohoto tepelného čerpadla. [2]

Prvním způsobem získání tepelné energie je z **podzemní – vody**. Tento způsob můžeme porovnat s geotermálním vrtem, jelikož teplota podzemních vod se během celého roku pohybuje okolo 10 °C. Pro bezproblémový provoz během celého topného období je nutné mít vytvořené dvě studny. První studna je tzv. topná, kdy v této studni musí být splněna minimální vydatnost spodních vod a to 0,5 l.s<sup>-1</sup>. Druhá studna je tzv. vsakovací, ta musí být schopna pojmout množství vody, které se vrací z tepelného čerpadla. [2]



Obrázek 5. Tepelné čerpadlo s výskytem spodních vod [2]

Druhým způsobem pro získání nízkopotenciální energie je z **povrchových – vod**. To znamená, že tuto energii můžeme brát z potoků nebo rybníků, které sousedí s našim vytápěným domem. Tyto typy se moc nepoužívají, jelikož teplota povrchových vod je velice závislá na teplotě okolního vzduchu. [2]

## 1.4 Provoz tepelných čerpadel

### 1.4.1 Monovalentní provoz

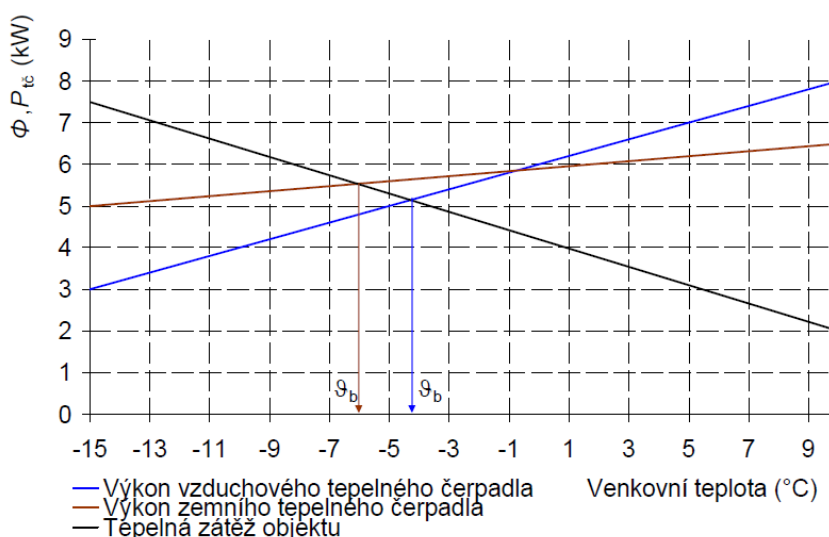
Tento typ provozu tepelných čerpadel znamená, že tepelná čerpadla jsou schopná být provozována celoročně za jakéhokoliv počasí. Jedná se tedy o to, že objekt s tímto typem provozu nemá žádný záložní ani přídatný zdroj vytápění. Tento typ tepelných čerpadel lze provozovat u čerpadel země/voda především geotermální vrt a voda/voda z podzemních vod. [2]

### 1.4.2 Monoenergetický provoz

Tento typ provozu znamená, že v okruhu mezi tepelným čerpadlem a vytápěným objektem je umístěn ještě další komponent a to tzv. přehřívák. Ten může být například elektrická patrona, která je schopna v zimě při nepříznivém počasí dorovnávat tepelný deficit, pokud již samotné čerpadlo tohoto není schopno. [2]

### 1.4.3 Bivalentní provoz

Jedná se o provoz tepelného čerpadla podle bodu bivalence. Tento bod se určuje z tepelné ztráty vytápěného objektu a tepelného výkonu daného tepelného čerpadla. Je to bod, kdy se obě dvě křivky protnou. Do tohoto bodu se nám ještě vyplatí provoz tepelného čerpadla a za tímto bodem buď pomáhá topná patrona s dohříváním, nebo přebírá celou úlohu vytápění daného objektu nezávislý náhradní zdroj vytápění. Například plynový kotel, nebo kotel na tuhá paliva. Výhodou tohoto systému je, že v případě jakékoliv poruchy na tepelném čerpadle máme plnohodnotný záložní zdroj vytápění. Obrázek č.6 nám znázorňuje, jak se tento bivalentní bod určí, a dále je z něj také patrné, že vzduchová tepelná čerpadla dosahují horšího bodu bivalence v porovnání se zemními tepelnými čerpadly. [2]



Obrázek 6. Ukázka stanovení bodu bivalence [2]

## **1.5 Kotel**

Kotel je slovo, které si můžeme spojit s mnoha významy. Většina osob si při vyslovení tohoto pojmu určitě vybaví klasický kotel na tuhá paliva, který se plní například dřevem nebo uhlím, ale není tomu tak. V dnešní době máme velké množství kotlů, jak na tuhá paliva, tak na plyn a mnoho dalších. Tyto kotle se během doby stále vylepšují a snaží se být konkurence-schopné novým metodám vytápění. Jelikož se v této práci budeme zabývat hlavně dvěma typy, tak si je zde popíšeme.

### **1.5.1 Prohořivací kotel**

V tomto druhu kotle je další palivo potřebné pro provoz přidáváno na základní již hořící vrstvu. Vzduch potřebný pro podporu samotného hoření přichází ze spodní části kotle přes rošt, kterým propadáva popel do sběrné nádoby. Regulace tohoto kotle může být prováděna manuálně a to tak, že můžeme buď navyšovat nebo snižovat množství vzduchu, který je potřebný pro spalování paliva, nebo to může být prováděno například pomocí termostatického regulátoru, kterým se reguluje klapka pro výstup spalin do komínu. Jedná se o nejstarší a nejjednodušší konstrukci kotle. Toto má za následek to, že se jedná o kotle s nejmenší účinností. Nevýhodou těchto kotlů je také velice časté a nutné dodání topného paliva. Intervaly mohou být od 2 až do 8 hodin. [3]

### **1.5.2 Odhořivací kotel**

Dalším druhem kotle na tuhé palivo je kotel odhořivací. Jedná se jako i u předešlé varianty o kotel s ručním přikládáním paliva. Výhoda tohoto kotle je v tom, že na rozdíl od prohořivacího kotle zde nehoří celá vrstva paliva, ale pouze její část. Tímto způsobem dochází ke kvalitnějšímu a účinnějšímu spalování paliva. Průběh spalování je u tohoto typu kotle daleko plynulejší. Částečná regulace může být prováděna termostatickým regulátorem tahu. Ten opět reguluje klapku, která je umístěna v zadní části, kde je kotel napojen na komín. Interval přikládání je u tohoto kotle velice podobný s předchozí variantou. [3]

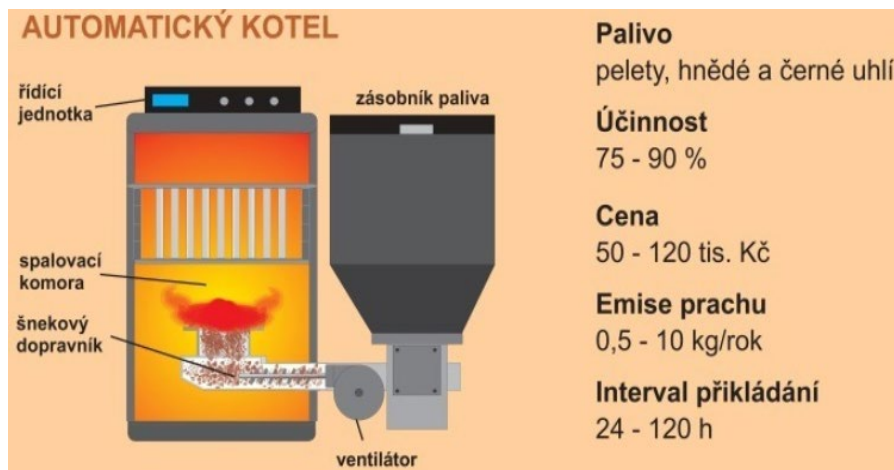
### **1.5.3 Zplyňovací kotel**

Jedná se o nejmodernější kotel pro spalování nejčastěji dřeva. Malá část těchto kotlů může využívat i uhlí. Hlavní rozdíl mezi předešlými variantami a touto je v tom, že tento kotel převádí problematiku spalování tuhých paliv na problematiku spalování plynu. V zásobníku paliva dochází k uvolňování prchavé hořlaviny. Dobře vysušené dřevo jí obsahuje až 70 %. Tato uvolněná hořlavina je dále směřovaná se vzduchem a slouží k samotnému vytápění. Interval přikládání tohoto kotle je dán převážně velikostí zásobníku na palivo. Dále také samotnou výhřevností paliva, nebo tvarem daného paliva. Množství přeměněné energie paliva na teplo je u tohoto typu kotle daleko vyšší než u předchozích kotlů, proto tento kotel dosahuje vyšších účinností. [3]

### **1.5.4 Kotel s automatickým podavačem**

V tomto případě se jedná o kotel s nejkomfortnějším a nejekonomičtějším spalováním tuhých paliv. Samozřejmě jsou tyto klady vyvažovány složitějším technologickým řešením těchto kotlů a vyššími pořizovacími cenami. V tomto typu kotle hraje velkou roli zásobník paliva, který může být jak součástí kotle, tak může být umístěn i mimo něj. Pro dopravu tohoto paliva se využívá šnekový podavač, který dopravuje potřebné palivo přímo do spalovací komory. Díky tomuto provedení je tento kotel ekonomičtější a efektivnější. Další důležitou výhodou tohoto kotle je, že se dokáže jeho plnicí interval velice lišit podle toho, jak velký zásobník využíváme. Dalším parametrem, který na tuto dobu bude také mít veliký vliv, je samotná výhřevnost daného paliva. [3]





Obrázek 7. Funkční schéma automatického kotle na tuhá paliva [3]

### 1.5.5 Plynový kotel

Plynový kotel je také druh topného kotle. Jedná se o takový druh, ve kterém se ale nespalují tuhá paliva, ale plynná v převážné části zemní plyn, dále je možno také spalovat propan nebo propan butan.

Princip tohoto kotle není nijak složitý. Jedná se o to, že plynový kotel je vybaven hořákem, na kterém hoří dané palivo, toto palivo při svém spalování vytváří teplo, které je pomocí výměníku předáváno vodě kolující v topném systému. Tento výměník je umístěn vždy nad tímto hořákem. Další součástí každého plynového kotle je oběhové čerpadlo, které prohání vodu celým topným systémem. Toto oběhové čerpadlo může být u starších typů plynových kotlů pasivní, to znamená, že během celého topného cyklu bude stále udržovat konstantní otáčky na které je nastaveno. U moderních typů se již setkáváme s čerpadly, která jsou řízeny pomocí řídicí jednotky pro co nejlepší provozní podmínky. Většinou jsou řízeny podle tlaku v topné soustavě, který se v průběhu celého topného cyklu může zvyšovat, nebo snižovat. Prodej tohoto typu plynového kotle je již od roku 2015 zakázán, jelikož nové druhy plynových kotlů mohou již dosahovat daleko vyšších účinností, tedy jsou i více ekonomické. [5]

### 1.5.6 Plynový kondenzační kotel

Kondenzační plynový kotel je v podstatě jako klasický plynový kotel, ale pouze s tím rozdílem, že využívá i teplo, které nejsou klasické plynové kotle schopny využívat. Proto tyto kotle dosahují vyšší účinnosti než kotle klasické.

Je to způsobeno tím, že při spalování zemního plynu nebo dalších druhů paliv vzniká určité množství vodních par, které u klasických kotlů odejdou komínem spolu se spaliny. U kondenzačních kotlů tyto vodní páry, které jsou obsažené ve spalinách, využíváme a to tak, že tyto spaliny primárně prochází přes výměník s vratnou vodou – lidově řečeno zpátečku. Vodní páry se díky této vratné vodě ochlazují pod bod kondenzace a vzniká kondenzát. Při tomto procesu se tato vratná voda předeřívá pomocí těchto par a teprve následně postupuje dále, až do hlavního výměníku. V hlavním výměníku se již pouze předeřívá topná voda dohřívá samotnými spalinami. Proto mohou tyto kondenzační kotle dosahovat až 98 % účinnosti. Zbytek, který zbývá do 100 %, ztrácíme spalinami, sáláním kotle a v odváděném kondenzátu. Nesmíme zapomenout také na to, že každý kondenzační plynový kotel musí být vyroben z korozi odolného materiálu a musí být napojen na kanalizaci pro odvod vzniklé zkondenzované vody. [4], [5], [6]

## 2 Výpočet tepelné ztráty rodinného domu

### 2.1 Obecný popis rodinného domu

Jedná se o podsklepený dvoupodlažní rodinný dům, který se nachází v Karviné – městské části Ráj. První plány tohoto rodinného domu, byly vypracovány v říjnu roku 1967, ale samotný dům byl dostavěn až roku 1969. Tento dům byl zakoupenými prarodiči v roce 1985, jelikož jejich původní starý dům se nacházel na poddolované části obce Stonava. Ze Stonavy byli po vykoupení jejich starého domu v důsledku důlních škod nuceni se odstěhovat.

Stávající dvougenerační rodinný dům, u kterého budu počítat tepelné ztráty, byl ještě v roce 1996 přestavován a byly zde přistavěny části jako druhá garáž a dva další obytné pokoje, každý v jednom nadzemním podlaží. Postupem času se ještě na tomto domě měnila všechna okna. Stará okna se měnila za plastová, rovněž došlo i k výměně původních starých dřevěných vchodových dveří za nové plastové. Jako poslední větší realizace byla v roce 2016 rekonstruovaná střecha, kde se stará nevyhovující a částečně zkorodovaná plechová krytina vyměnila za odolnější PVC krytinu.

V tomto rodinném domě je radiátorové teplovodní topení pouze v prvním a druhém podlaží. Toto topení je napojeno na starý kotel na tuhá paliva, který je schopen nahřívat i vodu v bojleru. Tento způsob nahřívání TUV se ale nepoužívá, protože by se muselo i v letních měsících neustále topit. Proto je bojler vyhříván elektricky, ale pouze v nízké sazbě, jedná se o tzv. energetický produkt Akumulace 8. Dalším způsobem, jak se může tento rodinný dům vytápět je plynový kotel o výkonu 23kW. Starý kotel na tuhá paliva, tak i bojler můžete vidět na (Obr. č.8).



*Obrázek 8. Stávající kotel na tuhá paliva a bojler na TUV*

## 2.2 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty jsou počítány dle normovaných hodnot a dle normy ČSN EN 12831-1. Průměrná venkovní teplota v topném období je 4 °C. Určení této hodnoty můžete vidět v (Tab. č.4). Tepelné ztráty celého objektu jsou počítané pro venkovní výpočtovou teplotu -15 °C. Plány posuzovaného domu, můžeme vidět v (Příloha č.1 a č.2). Na těchto přílohách je vidět první a druhé podlaží tohoto domu a celková situace tohoto domu i s jejich rozměry. Parametry všech konstrukčních částí tohoto domu, které byly použity v programu TechCON pro výpočet tepelných ztrát, můžeme vidět v (Tab. č.1). Jelikož se jedná o starší dům a doposud nejsou obvodové zdi tohoto domu zatepleny polystyrenovou vrstvou, dá se očekávat, že počítaná tepelná ztráta bude velmi vysoká.

Tabulka 1. Parametry všech neprůsvitných částí dané budovy

Typ konstrukce	Tloušťka	Popis TechCON	$U$	Materiál
[-]	[m]	[-]	[W.K <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]	[-]
Venkovní stěna	0,45	S01(450) Š	1,16	Škvárobetonové tvárnice
Venkovní stěna	0,4	S03(300) Š	1,28	Škvárobetonové tvárnice
Venkovní stěna	0,3	S02(400) Š	1,61	Škvárobetonové tvárnice
Vnitřní stěna	0,45	SV1(450) Š	1,05	Škvárobetonové tvárnice
Vnitřní stěna	0,4	SV8(400) Š	1,14	Škvárobetonové tvárnice
Vnitřní stěna	0,3	SV2(300) Š	1,4	Škvárobetonové tvárnice
Vnitřní stěna	0,55	SV4(550) C	1,13	Pálená cihla
Vnitřní stěna	0,15	SV3(150) C	2,28	Pálená cihla
Vnitřní stěna	0,1	SV7(100) C	2,67	Pálená cihla
Vnitřní stěna	0,2	SV9(200) D	0,56	Dřevo
Vnitřní stěna	0,1	SV5(100) D	0,79	Dřevo
Vnitřní stěna	0,05	SV6(50)D	1,5	Dřevo
Podlaha	0,3	Podlaha	2,028	ŽB
Strop	0,3	Strop	0,909	ŽB+POL

Hodnoty součinitele přestupu tepla byly počítány pomocí skladby materiálů na stránce <https://stavba.tzb-info.cz>. Tento postup pro ukázkou, můžete vidět na (Obr. č.9). Jedná se o zadané hodnoty pro skladbu první venkovní stěny ze škvárobetonových tvárnice s venkovní a vnitřní omítkou, která je zvýrazněná a můžete jí vidět v (Tab. č.1). [7]

<div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">interiér</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">exteriér</div>	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si}$						0.13 m <sup>2</sup> K/W	$\theta_0 = 14.74$ °C	?
	$j$	Materiál	$d$ [m]	$\lambda_u$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]			
	1	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenocementová	0,03	0,99	0.03	13.52	↓		
	2	<input checked="" type="checkbox"/> Zdivo z příčně děrovaných skv	0,4	0,62	0.645	-12.57	↑ ↓		
	3	<input type="checkbox"/> Pěnový polystyren	0,170	0,04	-	-	↑ ↓		
		4	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenocementová	0,02	0,99	-13.38	↑		
		Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se}$						0.04 m <sup>2</sup> K/W	$\theta_e = -15$ °C

Obrázek 9. Ukázka výpočtu součinitele přestupu tepla venkovní škvárobetonové stěny 450 mm. [7]

Výslednou hodnotu součinitele přestupu tepla dané venkovní stěny můžeme vidět na (Obr. č.10). S touto vypočtenou hodnotou jsem dále pracoval v programu TechCON pro výpočet celkových tepelných ztrát celého objektu. Všechny další konstrukce tohoto domu byly počítány stejným principem, proto je zde již neuváděl.

## VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE



Obrázek 10. Vyhodnocení dané konstrukce [7]

V další tabulce můžeme vidět parametry všech průsvitných částí, které byly použity pro výpočet tepelných ztrát tohoto domu. Hodnoty součinitelů prostupu tepla těchto prvků již nebyly počítány, ale byly vybrány přímo z databáze programu TechCON a již pouze upraveny. Pohled na celý namodelovaný dům pomoví programu TechCON, můžete vidět v (Příloha č.3).

Tabulka 2. Parametry všech průsvitných částí dané budovy

Typ konstrukce	x	y	S	Popis TechCON	U
[-]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[-]	[W.K <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]
Luxfery	1	4,6	4,6	OA1	3,846
Plastové okno	1,8	1,35	2,43	OA2	1,3
Plastové okno	0,6	0,9	0,54	OA3	1,3
Plastové okno	1,2	1,35	1,62	OA4	1,3
Plastové okno	2,1	1,35	2,835	OA5	1,3
Plastové okno	1,8	1,4	2,52	OA6	1,3
Plastové okno	2,4	1,4	3,36	OA7	1,3
Plastové okno	1,2	2	2,4	OA8	1,3
Dveře vchod	0,9	2,1	1,89	DV1	1,3
Dveře	0,9	1,97	1,773	DVN1	3
Dveře	0,8	1,97	1,576	DVN2	3
Dveře	0,6	1,97	1,182	DVN3	2
Dveře	2	2	4	DVN4	4

V (Tab. č.3) můžeme vidět vypočtené tepelné ztráty všech místností v celém domě a také celkovou tepelnou ztrátu celé budovy. Tato tepelná ztráta se skládá z tepelné ztráty pro vytápění tohoto domu a k tomu je nutné přičíst tepelnou ztrátu domu potřebnou pro větrání. Celý tento dům byl počítán

podle normou udávaných teplot pro daný typ místností. V této tabulce můžeme vidět dvě místnosti (spíže), které nejsou vytápěné, proto je zde tepelná ztráta 0 W. Venkovní výpočtová teplota byla zvolena na -15°C. Originální tabulku přímo z programu TechCON můžete vidět v (Příloha č.4).

Tabulka 3. Tepelné ztráty celého posuzovaného rodinného domu

Číslo místnosti	Účel	$t_{int}$	$S_{int}$	$V_{int}$	$n_{min}$	$V_{min\ int}$	$Q_v$	$Q_T$	$Q_c$
		[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[l/h]	[m <sup>3</sup> /h]	[W]	[W]	[W]
1.101	Zádveří	15	12,77	37,03	0,5	18,5	189	1397	1586
1.102	Pokoj	20	13,28	35,84	0,5	17,9	213	720	933
1.103	WC	20	1,01	2,73	0,5	1,4	16	97	113
1.104	Koupelna	24	3,64	9,82	1,5	14,7	195	682	877
1.105	Chodba	20	7,38	19,94	0,5	10	119	11	130
1.106	Kuchyně	20	8,01	21,63	1,5	32,5	386	443	829
1.107	Spíž	8,1	1,96	5,29	0,5	2,6	21	-21	0
1.108	Ložnice	20	18,13	48,94	0,5	24,5	291	1346	1637
1.109	Obývací pokoj	20	18,02	48,67	0,5	24,3	290	535	825
1.110	Pracovna	20	27,32	73,76	0,5	36,9	439	2279	2718
2.201	Schodiště	15	7,78	20,55	0,5	10,3	105	1230	1335
2.202	Chodba	20	12,74	33,63	0,5	16,8	200	1123	1323
2.203	Dětský pokoj	20	13,28	35,05	0,5	17,5	209	1072	1281
2.204	Ložnice	20	27,27	71,98	0,5	36,05	428	3086	3514
2.205	Obývací pokoj	20	37,15	98,08	0,5	49	584	3027	3611
2.206	Koupelna	24	4,86	12,84	0,5	6,4	255	973	1228
2.207	Spíž	6,1	1,95	5,15	0,5	2,6	18	-18	0
2.208	Kuchyň	20	8,01	21,15	1,5	31,7	378	727	1105
<b>Suma</b>			<b>224,56</b>	<b>602,08</b>	<b>Suma</b>		<b>4336</b>	<b>18709</b>	<b>23045</b>

### Popis parametrů tabulky

$t_{int}$  - Vnitřní teplota vytápěného objektu

$S_{int}$  - Plocha místnosti

$V_{int}$  - Objem místnosti

$n_{min}$  - Minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu

$V_{min\ int}$  - Hygienický minimální objemový tok vzduchu vytápěného prostoru

$Q_v$  - Projektovaná tepelná ztráta větráním

$Q_T$  - Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla

$Q_c$  - Projektovaná celková tepelná ztráta neboli celkový potřebný tepelný výkon

## 2.3 Výpočet potřebné tepelné energie pro vytápění a přípravu TUV

Pro správný a dobrý návrh zdroje tepla pro vytápění a přípravu TUV potřebujeme znát v první řadě tepelnou ztrátu domu, pomocí které pak můžeme určit celkové množství tepelné energie potřebné pro vytápění daného domu a také přípravu TUV. Tepelnou ztrátu jsem již zjistil v předchozí části této diplomové práce a činí  $Q_c = 23,045 \text{ kW}$ , proto přejdeme na výpočet potřebného tepla pro vytápění.

### 2.3.1 Výpočet potřebné tepelné energie pro vytápění

V první řadě je důležité místo, kde je posuzovaný objekt lokalizován. Protože podle této informace zjistíme důležité a potřebné parametry k výpočtu, jako je například počet topných dnů za rok a průměrná venkovní teplota v topném období. Vnitřní teplota interiéru, na kterou se bude daný objekt vytápět byla zvolena na  $t_{is} = 20 \text{ °C}$ . V mém případě se jedná o město Karviná a hodnoty můžete vidět v (Tab. č.4). Pro informativní porovnání jsem do tabulky přidal i město Ostrava.

Tabulka 4. Venkovní výpočtové teploty a topná období dle lokalit [8]

Lokalita	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12 \text{ °C}$		$t_{em}=13 \text{ °C}$		$t_{em}=15 \text{ °C}$	
			$t_{es} \text{ [°C]}$	$d \text{ [dny]}$	$t_{es} \text{ [°C]}$	$d \text{ [dny]}$	$t_{es} \text{ [°C]}$	$d \text{ [dny]}$
Karviná	230	-15	3,6	223	4	234	5,3	267
Ostrava	217	-15	3,6	219	4	229	5,2	260

Ted' už nám nic nebrání k tomu, abychom se pustili do výpočtu počtu denostupňů  $D$ . Výpočet můžete vidět v (Rovnice 2.1) [9]

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 234 \cdot (20 - 4) = 3744 \text{ K} \cdot \text{dny}, \quad 2.1$$

Kde:

- $D$  – vytápěcí denostupně;
- $d$  – počet topných dnů;
- $t_{is}$  – výpočetní teplota v interiéru;
- $t_{es}$  – průměrná teplota v topném období.

Jako další krok přejdeme k výpočtu celkové potřebné tepelné energie pro vytápění za celý rok. Tedy přesněji řečeno topnou sezónu, protože během letních měsíců samozřejmě netopíme. V tomto výpočtu nám figurují opravné součinitele, ty jsou zde proto, aby kompenzovaly různorodost objektů, protože každý objekt je něčím unikátní. Objekty mají například různé stáří, nebo stáří topných rozvodů a tak dále. Proto zde tyto součinitele figurují a pomocí nich se snažíme zpřesnit tyto výpočty. Poslední věcí, které tento výpočet bohužel nerespektuje, jsou tepelné zisky v daném objektu. To má za následek

to, že tato potřebná energie pro vytápění daného objektu bude v reálu vždy menší než ta vypočtená. Postupný výpočet můžete vidět v (Rovnice 2.2). [9]

$$Q_{vyt\ rok} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} \quad [\text{GJ} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 2.2$$

$$Q_{vyt\ rok} = \frac{0,765}{1 \cdot 0,98} \cdot \frac{24 \cdot 23045 \cdot 3744}{(20 - (-15))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-6}$$

$$Q_{vyt\ rok} = 166,26 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \Rightarrow \mathbf{46,18 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}}$$

$$Q_{vyt\ den} = \frac{Q_{vyt\ rok}}{d} = \frac{46,18}{234} = \mathbf{197,37 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}}, \quad 2.3$$

Kde:

- $\varepsilon$  – opravný součinitel;
- $\eta_0$  – účinnost regulace;
- $\eta_r$  – účinnost rozvodů vytápění;
- $Q_c$  – celková tepelná ztráta domu;
- $D$  – vytápěcí denostupně;
- $t_{is}$  – výpočetní teplota v interiéru;
- $t_e$  – výpočetní teplota v exteriéru.

Celková potřebná energie pro vytápění toho objektu během topné sezóny vyšla  $Q_{vyt\ rok} = \mathbf{46,18 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}}$  což v přepočtu na počet topných dnů vychází na  $Q_{vyt\ den} 197,37 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}$ . Musíme brát v úvahu to, že se jedná o velký a rozlehlý dvougenerační dům, který již prošel určitými rekonstrukcemi pro zlepšení jeho izolačních schopností, ale prozatím ještě není zateplen.

### 2.3.2 Výpočet potřebné tepelné energie pro přípravu TUV

V této části se budu zabývat výpočtem přípravy TUV. Jako první bod vypočítám velikost zásobníku TUV potřebného pro tento dům. V tomto domě momentálně bydlí šest dospělých osob, proto budu zásobník na TUV dimenzovat na tuto hodnotu. Dále se podle literatury udává hodnota množství teplé užitkové vody v rodinném domě na osobu/den v rozmezí 40 l–60 l, zvolil jsem tedy střední hodnotu 50 l. Výsledná hodnota činí  $V_{TUV} = 0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$  proto budeme na tuto hodnotu v dalších výpočtech přihlížet. [2], [10]

$$V_{TUV} = n \cdot V_{osb\ den} = 6 \cdot 0,050 = \mathbf{0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}} \quad 2.4$$

Pro výpočet potřebného tepla pro nahřátí již vypočítaného množství vody potřebujeme už pouze hodnotu teploty, na kterou požadujeme TUV nahřívát, v tomto případě byla zvolena teplota 60 °C. Dále ještě zvolit koeficient energetických ztrát systému. Jelikož se nejedná o novostavbu, ale starší rodinný dům, zvolil jsem tento koeficient  $z = 2$ . [9]

$$Q_{TUV\ den} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{TUV} \cdot (t_2 - t_1)}{3,6 \cdot 10^6} \quad [\text{kWh} \cdot \text{den}^{-1}] \quad 2.5$$

$$Q_{TUV\ den} = (1 + 2) \cdot \frac{1000 \cdot 4186 \cdot 0,3 \cdot (60 - 10)}{3,6 \cdot 10^6} = \mathbf{52,33 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}},$$

Kde:

$z$  – koeficient energetických ztrát systému;

$\varphi$  – měrná hmotnost;

$c$  – měrná tepelná kapacita;

$t_1$  – teplota studené vody;

$t_2$  – teplota ohřáté vody.

V závěrečném výpočtu v této části ještě vypočítám celkovou potřebu energie pro TUV během celého roku. Proto v tomto výpočtu budeme brát v úvahu různou teplotu vstupní vody jak během letního, tak zimního období. [9]

$$Q_{TUV\ rok} = Q_{TUV\ den} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV\ den} \cdot \frac{(t_2 - t_{svl})}{(t_2 - t_{svz})} \cdot (N - d) \quad [\text{GJ} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 2.6$$

$$Q_{TUV\ rok} = 52,33 \cdot 234 + 0,8 \cdot 52,33 \cdot \frac{(60 - 10)}{(60 - 5)} \cdot (365 - 234)$$

$$Q_{TUV\ rok} = 62,03 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \Rightarrow \mathbf{17,23 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}},$$

Kde:

$t_{svl}$  – teplota studené vody v létě;

$t_{svz}$  – teplota studené vody v zimě;

$N$  – počet dnů v roce.

$$Q_{cel\ rok} = Q_{vyt\ rok} + Q_{TUV\ rok} = 46,18 + 17,23 = \mathbf{63,41 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}} \quad 2.7$$

Celkové množství potřebné energie pro vytápění a také přípravu TUV po celý rok vyšlo  $Q_{cel\ rok} = \mathbf{63,41 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}}$ .



### 3 Rozbor variant vytápění

#### 3.1 Tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan (vzduch/voda) (Varianta č.1)

V první variantě se jedná o tepelné čerpadlo vzduch/voda od firmy Mitsubishi s jmenovitým tepelným výkonem 23 kW a přesným značením od výrobce **Zubadan PUHZ-SHW230YKA**. Pro výběr tohoto produktu této značky Mitsubishi jsem se rozhodoval celkem dlouhou dobu. Během této doby jsem procházel různá hodnocení a osobní zkušenosti, které již někteří uživatelé s tímto produktem měli. Především mě na tomto typu tepelného čerpadla velice zaujalo to, jak výrobce garantuje možnost provozu v zimních měsících, a to až do venkovní teploty  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bez použití bivalentního zdroje tepla. Základní princip toho, jakým způsobem je schopno toto tepelné čerpadlo těchto možností provozu dosáhnout bude popsán v další části.

Toto tepelné čerpadlo se jako všechny varianty bude starat o vytápění celého rodinného domu. V tomto domě se nejedná o vytápění pomocí teplovodního topení umístěného v podlaze, ale pomocí klasických litinových radiátorů umístěných pod okny. Pro variantu s tepelným čerpadlem budu uvažovat teplotu pro vytápění tohoto domu na hodnotě  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jelikož po konzultaci s technikem od projekční firmy, která se touto problematikou zabývá již vím, že vyšších teplot tato tepelná čerpadla s tímto typem otopné soustavy jsou sice schopna dosáhnout, ale za cenu vysokých provozních nákladů, které by nám s volbou tohoto typu vytápění ztrácely smysl.

Dále se toto tepelné čerpadlo bude starat o přípravu TUV. Množství vody pro denní použití již bylo vypočteno v předchozí části viz. (Odstavec 2.3.2). Uchovávat tuto nahřátou vodu budeme v pasivní akumulární nádobě od firmy Dražice. Jedná se přesně o OKC 300 NTR/BP s objemem 300 litrů a jedním výměníkem, který je napojen na externí zdroj tepla v tomto případě na samotné tepelné čerpadlo. Tato nádoba je vybavena hořčikovou anodou, která chrání proti vzniku vodního kamene a snižuje riziko koroze.

Tabulka 5. Technické parametry Zubadan PUHZ-SHW230YKA [11]

Technické parametry		
Maximální provozní teplota	60	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
Třída energetické účinnosti	A++	[-]
Jmenovitý topný výkon	23	[kW]
Topný faktor (COP) dosahuje hodnoty (A7/W35)	3,65	[-]
Topný faktor (COP) dosahuje hodnoty (A2/W35)	2,9	[-]
Topný faktor (COP) dosahuje hodnoty (A-7/W35)	2,85	[-]
Maximální proud	26	[A]
Velikost jističe	32	[A]
Připojovací napětí	400	[V]
Max. hladina akustického hluku	59	[dB]

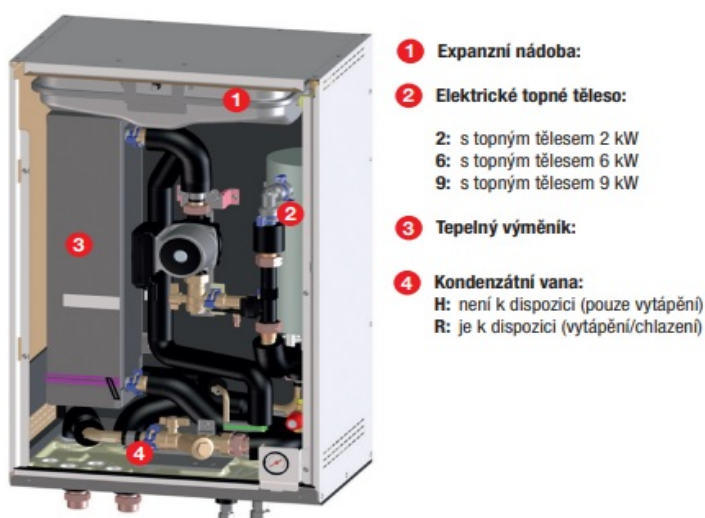
##### 3.1.1 Základní popis technologie monovalentního provozu

Toto tepelné čerpadlo je podle výrobce schopno provozu bez potřeby bivalentního zdroje tepla. Dále výrobce udává, že tento typ čerpadla dokáže dosahovat až 75 % tepelného výkonu, a to až při

venkovních teplotách  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tohoto může dosahovat díky nové inverterové technologii, kterou si firma Mitsubishi nechala dokonce patentovat. Jedná se o to, že chladivový okruh těchto tepelných čerpadel je vybaven speciálně řízeným okruhem podchlazení, dále novou konstrukcí, která individuálně a elektronicky řídí tři expanzní ventily, kompresorem typu Schroll s přímým vstřikováním chladiva pod hlavu kompresoru a nakonec elektronicky řízeným odtáváním námrazy na výparníku. Proto je toto tepelné čerpadlo schopno být provozováno i během velmi nízkých venkovních teplot a dosahovat i vyšších účinností. Dále pro co nejnižší provozní náklady je tento typ tepelného čerpadla vybaven frekvenčním řízením, jak kompresoru, tak ventilátorů, které jsou díky tomuto schopny okamžitě reagovat na potřebnou změnu výkonu. [12], [13]

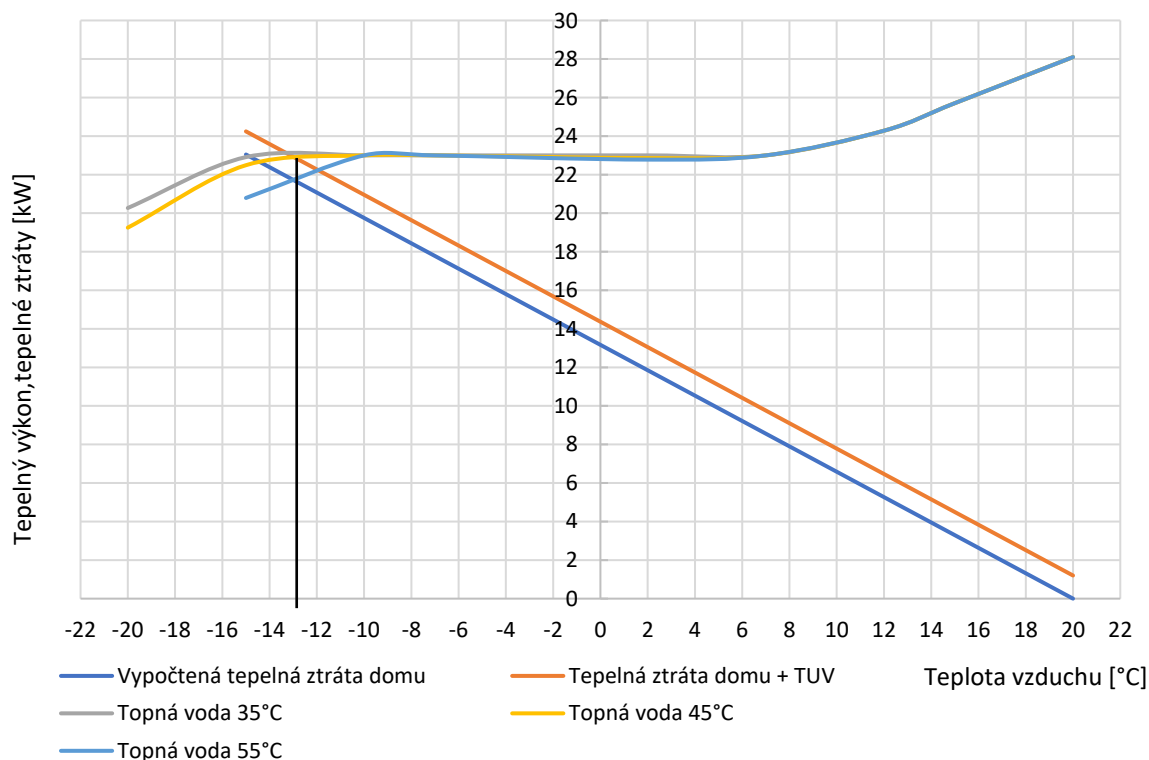


Obrázek 11. Venkovní jednotka Mitsubishi Zubadan PUAZ-SHW230YKA [14]



Obrázek 12. Vnitřní jednotka Ecodan [11]

### 3.1.2 Graf bodu bivalence tohoto tepelného čerpadla



Obrázek 13. Určení bodu bivalence tepelného čerpadla Mitsubishi Zubadan

Zde na tomto (Obr. č.13) můžeme vidět vytvořený graf, který znázorňuje bod bivalence tohoto tepelného čerpadla pro různé teploty topné vody. Bod bivalence vyšel na teplotě -12,8 °C. Pokud bych neuvažoval přírážku na přípravu TUV, tak by bod bivalence vyšel na teplotě -15 °C, což by se shodovalo s informacemi, která udává výrobce. Pro přehlednost v tomto grafu byl vyznačen bod bivalence pouze pro teplotu topné vody 45 °C.

Tento graf byl zkonstruován pomocí hodnot tepelné ztráty celého domu  $Q_c = 23,045 \text{ kW}$  a k této hodnotě byla připočtena přírážka na přípravu TUV, která je podle literatury 0,2 kW na osobu. V tomto případě je pro tento dům počítána příprava TUV pro 6 osob, proto tato přírážka má hodnotu 1,2kW. Zbylé tři další křivky jsou tepelné výkony daného čerpadla pro různé teploty topné vody v závislosti na venkovní teplotě vzduchu. Pro ukázkou můžeme tyto parametry přímo od výrobce vidět v (Tab. č.6) pro topnou vodu 45 °C.

Tabulka 6. Parametry daného tepelného čerpadla pro topnou vodu 45 °C [11]

Pro topnou vodu 45 °C			
Teplota vzduchu	Tepelný výkon	Elektrický příkon	COP
[°C]	[kW]	[kW]	[-]
-20	19,25	11,96	1,61
-15	22,49	12,49	1,8
-10	23	10,85	2,12
-7	23	9,91	2,32
2	22,86	11,32	2,02
7	23	7,62	3,02
12	24,28	7,45	3,26
15	25,71	7,58	3,39
20	28,1	8,67	3,24

### 3.1.3 Stručný popis provozu soustavy s tepelným čerpadlem MITSUBISHI

Toto tepelné čerpadlo se bude starat o vytápění celého domu a dále o přípravu TUV během celého roku. Jedná se o tepelné čerpadlo vzduch/voda, proto jeho primární energie bude odebírána pomocí venkovní jednotky, která je vybavena dvěma ventilátory, které pomáhají nasávat okolní vzduch a prohánět jej výparníkem. Ten jej následně předává okruhu s nemrznoucím médiem, které je pak dále pomocí kompresoru stlačováno a mění se tedy jeho tlak a teplota. Dále toto medium putuje do vnitřní jednotky, která je vybavena výměníkem tepla, kde se teplota média předá samotné topné soustavě, tedy vodě kolující v radiátorech. Vnitřní jednotka je vybavena 9 kW elektrokotlem, který je schopen pomoci při velmi tuhých mrazech s dohříváním a dorovnáním potřebného topného výkonu. Tento elektrokotel lze spouštět kaskádně, a to ve třech výkonových hladinách od 3–6–9 kW. Ve vnitřním okruhu topné soustavy je také třicestný ventil, který se stará o přepínání mezi topnou soustavou a soustavou pro přípravu teplé užitkové vody. Pokyny tomuto trojcestnému ventilu dává vnitřní jednotka, která sleduje veškeré nastavené teploty pomocí termočlánků umístěných jak v topné soustavě, tak nádobě na TUV.

### 3.1.4 Zjištění potřebných hodnot pro výpočet spotřeby

Během topné sezóny se mění venkovní teplota a s tím i spojená spotřeba elektrické energie, proto budeme uvažovat pro výpočty během topné sezóny s průměrnou výpočtovou venkovní teplotou 4 °C, pro topnou vodu 45 °C. Pro výpočet spotřeby elektrické energie pro přípravu TUV budeme uvažovat během zimního období s výpočtovou venkovní teplotou také 4 °C, pro topnou vodu 55 °C a v období mimo topnou sezónu budeme uvažovat s venkovní teplotou 17,5 °C, pro topnou vodu 55 °C.

Teplota pro vytápění během zimního období je zvolena podle (Tab. č.4). Pro zjištění průměrné venkovní teploty v období mimo topnou sezónu jsem bohužel podobnou statistiku nenašel, proto jsem si vytvořil vlastní. V (Tab. č.7) můžete vidět, jak jsem tuto průměrnou teplotu získal. Podle dat získaných na internetu pro danou lokalitu budovy jsem si vytvořil statistiku nejvyšších a nejnižších teplot pro každý den v období květen až září, a to pro roky 2015–2018. Tato data jsem poté zprůměroval a vyšla mi celková průměrná teplota v období mimo topnou sezónu a to 17,5 °C.

Tabulka 7.Statistika pro získání průměrné venkovní teploty mimo topnou sezónu [15]

	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	
2015	12,5	16,2	20,4	21,6	15,2	
2016	13,9	18,7	20,0	18,1	16,7	
2017	14,2	18,3	19,5	20,0	13,5	
2018	16,6	18,4	19,8	21,4	15,7	<b>Celkový průměr</b>
<b>Průměr</b>	<b>14,3</b>	<b>17,9</b>	<b>19,9</b>	<b>20,3</b>	<b>15,3</b>	<b>17,5</b>

Pro tyto zvolené hodnoty venkovních teplot (4 °C a 17,5 °C) výrobce neudává přesné hodnoty tepelného výkonu a příkonu, proto jsem si tyto hodnoty zjistil pomocí grafické metody a dále výpočtu. A to tak, že z hodnot, která udával výrobce jsem si vytvořil graf, jak tepelného výkonu, tak příkonu tohoto tepelného čerpadla závislého na venkovní teplotě pro teploty otopné vody (45 °C a 55 °C). Z těchto grafů jsem pomocí programu AutoCAD naměřil vzdálenosti těchto zvolených bodů pro hodnoty (4 °C a 17,5 °C) a dále již pomocí trojčlenky vypočítal přesnou hodnotu tepelného výkonu a příkonu. Pro ukázkou v (Tab. č.8 a č.9) můžete vidět naměřené a vypočtené hodnoty pro topnou vodu 45 °C a 55 °C.

Tabulka 8.Dopočtené hodnoty pro topnou vodu 45 °C

Pro topnou vodu 45 °C				
Venkovní teplota	Tepelný výkon		Příkon	
[°C]	[kW]	[mm]	[kW]	[mm]
4	23	91,238	10	98,802
	<b>22,79</b>	90,391	<b>10,27</b>	101,45
17,4	23	91,238	8	79,05
	<b>26,85</b>	106,524	<b>8,09</b>	79,912

Tabulka 9.Dopočtené hodnoty pro topnou vodu 55 °C

Pro topnou vodu 55 °C				
Venkovní teplota	Tepelný výkon		Příkon	
[°C]	[kW]	[mm]	[kW]	[mm]
4	22	233,772	10	165,824
	<b>22,73</b>	241,553	<b>11,03</b>	182,945
17,4	26	275,636	10	9,879
	<b>26,92</b>	285,396	<b>10,46</b>	10,331

### 3.1.5 Výpočet dob provozů tohoto tepelného čerpadla

Jako první bod vypočítáme hodnotu doby provozu tepelného čerpadla pro vytápění. V tomto výpočtu uvažujeme hodnotu topného výkonu pro venkovní teploty 4 °C a topnou vodu 45 °C

$$t_{tč1\ vyt} = \frac{Q_{vyt\ rok}}{P_{tč1\ 4/45}} \quad [\text{h}] \quad 3.1$$

$$t_{tč1\ vyt} = \frac{46,18}{22,79 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{2026,33\ h}$$

Pro výpočet doby provozu tohoto tepelného čerpadla na přípravu TUV je potřeba vypočítat hodnotu ztrát akumulační nádoby. Výrobce udává dobu statických ztrát této akumulační nádoby  $Q_{z\ TUV} = 83\ \text{W}$ . Tuto hodnotu již stačí vynásobit hodnotou 24 h a dostaneme ztrátu dané akumulační nádoby za celý den. [17]

$$Q_{z\ TUV\ den} = Q_{z\ TUV} \cdot 24 = 83 \cdot 24 = \mathbf{1,99\ kW \cdot den^{-1}} \quad 3.2$$

V dalších bodech vypočítáme doby provozů tepelného čerpadla pro ohřev TUV jak během, tak mimo topnou sezónu.

$$t_{tč1\ TUV\ zim} = \frac{Q_{TUV\ den} + Q_{z\ TUV\ den}}{P_{tč1\ 4/55}} \cdot d \quad [\text{h}] \quad 3.3$$

$$t_{tč1\ TUV\ zim} = \frac{52,33 + 1,99}{22,73} \cdot 234 = \mathbf{559,21\ h}$$

$$t_{tč1\ TUV\ lét} = \frac{Q_{TUV\ den} + Q_{z\ TUV\ den}}{P_{tč1\ 17,5/55}} \cdot (N - d) \quad [\text{h}] \quad 3.4$$

$$t_{tč1\ TUV\ lét} = \frac{52,33 + 1,99}{26,92} \cdot (365 - 234) = \mathbf{264,34\ h}$$

Jelikož jsem v tomto okamžiku napočítal veškeré potřebné doby provozů tohoto tepelného čerpadla, už mi nic nebrání vypočítat postupně celkovou roční spotřebu elektrické energie pro provoz tohoto tepelného čerpadla.

### 3.1.6 Výpočty spotřeb elektrické energie pro provoz

Jako první vypočítáme spotřebu oběhového čerpadla, které prohání vodu v otopné soustavě celého domu. Toto oběhové čerpadlo je vždy v provozu pouze když je aktivní tepelné čerpadlo v režimu topení. Jeho průměrný příkon výrobce udává  $P_{p\ tč\ obč} = 20\ \text{W}$ . [16]

$$E_{s\ tč1\ obč} = t_{tč1\ vyt} \cdot P_{p\ tč1\ obč} = 2026,33 \cdot 0,02 = \mathbf{0,041\ MWh \cdot rok^{-1}} \quad 3.5$$

Výpočet zbylých spotřeb již vychází z údajů od výrobce a dále dat získaných pomocí grafické metody a výpočtu viz. (Tab. č.8 a č.9). Tyto spotřeby jsou rozděleny podle dob provozů, jak v topné, tak mimo topnou sezónu.

$$E_{s\ tč1\ vyt} = t_{tč1\ vyt} \cdot P_{p\ tč1\ 4/45} = [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.6$$

$$E_{s\ tč1\ vyt} = 2026,33 \cdot 10,27 = \mathbf{20,81\ MWh \cdot \text{rok}^{-1}}$$

Spotřeba elektrické energie pro přípravu TUV v topném období.

$$E_{s\ tč1\ TUV\ zim} = t_{tč1\ TUV\ zim} \cdot P_{p\ tč1\ 4/55} = [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.7$$

$$E_{s\ tč1\ TUV\ zim} = 559,21 \cdot 11,03 = \mathbf{6,17\ MWh \cdot \text{rok}^{-1}}$$

Spotřeb elektrické energie pro přípravu TUV mimo topné období.

$$E_{s\ tč1\ TUV\ let} = t_{tč1\ TUV\ let} \cdot P_{p\ tč1\ 17,5/55} = [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.8$$

$$E_{s\ tč1\ TUV\ let} = 264,34 \cdot 10,46 = \mathbf{2,76\ MWh \cdot \text{rok}^{-1}}$$

$$E_{s\ tč1\ cel} = E_{s\ tč1\ obč} + E_{s\ tč1\ vyt} + E_{s\ tč1\ TUV\ zim} + E_{s\ tč1\ TUV\ let} = \text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.9$$

$$E_{s\ tč1\ cel} = 0,04 + 20,81 + 6,17 + 2,76 = \mathbf{29,78\ MWh \cdot \text{rok}^{-1}}$$

Celková spotřeba tohoto tepelného čerpadla jak pro vytápění, tak pro přípravu TUV během celého roku vyšla **29,78 MWh · rok<sup>-1</sup>**.

### 3.2 Tepelné čerpadlo IVT (země/voda) (Varianta č.2)

V druhé variantě se bude jednat o tepelné čerpadlo od firmy IVT. Přesněji se jedná o tepelné čerpadlo **IVT GREENLINE C11** o jmenovitém tepelném výkonu 10,3 kW. Jelikož pro potřeby vytápění tohoto domu by tento tepelný výkon byl nedostačující, bylo mi doporučeno po konzultaci s projekční firmou kaskádní zapojení dvou těchto čerpadel. Po kaskádním zapojení těchto dvou naprosto stejných čerpadel jsme se dostali na hodnotu celkového tepelného výkonu 20,6 kW. Jelikož se jedná o tepelné čerpadlo země/voda, které spolupracuje s plošnými kolektory umístěnými pod povrchem země bude tento tepelný výkon dostačující. Z počátku jsem si tím nebyl tak úplně jistý, ale když mi projekční technik vysvětlil, že ze zkušeností se tato tepelná čerpadla země/voda dimenzují na hodnotu (80-85 %) což je v tomto případě (18,4-19,6 kW), tak už jsem tyto obavy neměl. Je to způsobeno tím, že těmto tepelným čerpadlům během celého roku nekolísá topný výkon a s tím spojený příkon těchto čerpadel tak značně, jako je tomu u tepelných čerpadel vzduch/voda.

Opět se toto tepelné čerpadlo bude starat o vytápění celého objektu v topné sezóně. Při provozu tohoto tepelného čerpadla v režimu vytápění budeme uvažovat teplotu topné vody 45 °C. Tato teplota je pro vytápění dostačující, jedná se o ideální kompromis mezi tepelnou pohodou a spotřebovanou energií pro provoz. Sice ve srovnání se vzduchovým tepelným čerpadlem závislost není tak velká, ale pro srovnání budeme uvažovat stejné parametry provozu.

Dále se toto tepelné čerpadlo bude starat o přípravu TUV. Množství vody pro denní použití již bylo vypočteno v předešlé části viz. (Odstavec 2.3.2). Uchovávat tuto vodu budeme v pasivní akumulární nádobě od firmy Dražice. Jedná se přesně o OKC 300 NTR/BP s objemem 300 litrů a jedním výměníkem, který je napojen na externí zdroj tepla v tomto případě na samotné tepelné čerpadlo. Tato nádoba je vybavena hořčíkovou anodou, která chrání proti vzniku vodního kamene a snižuje riziko koroze. Tento zásobník je shodný pro tři ze čtyř uvažovaných variant.

Tabulka 10. Technické parametry IVT GREENLINE C11 [18]

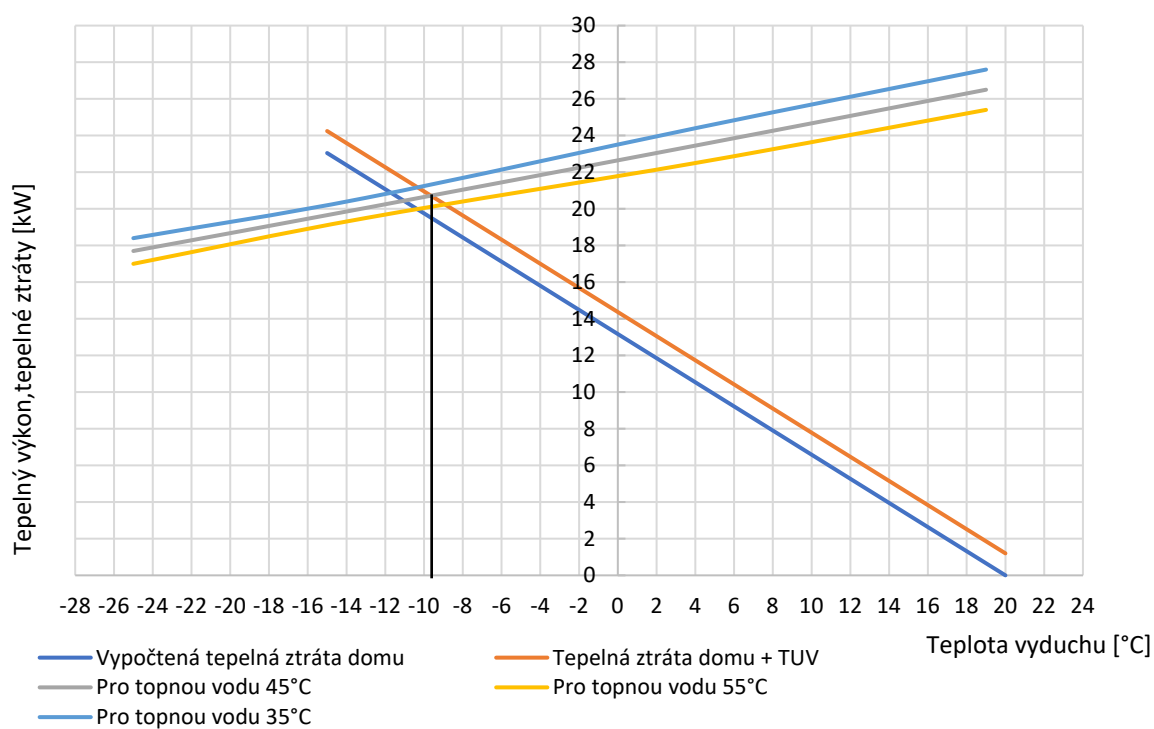
Technické parametry		
Maximální provozní teplota	65	[°C]
Třída energetické účinnosti	A++	[-]
Jmenovitý topný výkon	10,3	[kW]
Topný faktor (COP) dosahuje hodnoty (B0/W35)	4,4	[-]
Topný faktor (COP) dosahuje hodnoty (B0/W45)	3,5	[-]
Vestavěný elektrický kotel	3–9	[kW]
Připojovací napětí	400	[V]
Max. hladina akustického hluku	59	[dB]





Obrázek 14. Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE C11 [19]

### 3.2.1 Graf bodu bivalence tohoto tepelného čerpadla



Obrázek 15. Určení bodu bivalence tepelného čerpadla IVT

Zde na tomto (Obr. č.15) můžeme vidět vytvořený graf, který znázorňuje bod bivalence tohoto tepelného čerpadla pro různé teploty topné vody. V tomto případě tvorba tohoto grafu nebyla tak jednoduchá, jako u předchozí varianty s tepelným čerpadlem (vzduch/voda). Je to způsobeno tím, že u tepelných čerpadel země/voda výrobce neudává závislost tepelného výkonu na teplotě vzduchu, nýbrž na teplotě nemrznoucí směsi kolující v plošných kolektorech, přesněji teplotě na vstupu do výparníku. Po konzultaci s technikem přímo od firmy IVT mi bylo řečeno, že neexistuje přímý převod mezi teplotou vzduchu a teplotou nemrznoucí směsi. Je to způsobeno tím, že veškerý poměr mezi těmito teplotami závisí na nadimenzování, jak plošného kolektoru, tak celé topné soustavy a mnoha dalších aspektech. Pro co nejvěrnější přiblížení se k těmto hodnotám mi bylo doporučeno vycházet z dat, které udává výrobce a posunout hodnoty při teplotě nemrznoucí směsi 0 °C na teplotu vzduchu (-13 °C až -15 °C) a stejně postupovat i s dalšími hodnotami, aby byly zachovány stejné parametry křivek, jak udává výrobce. Tento způsob jsem aplikoval na celý tento vytvořený graf bodu bivalence.

Bivalentní teplota tohoto tepelného čerpadla vyšla na teplotě -9,5 °C. Pokud bych opět neuvažoval hodnotu přírážek pro přípravu TUV, která je podle literatury 0,2 kW na osobu, tedy v tomto případě 1,2 kW, tak by bod bivalence vyšel -11 °C. Pro přehlednost v tomto grafu jsem vyznačil pouze bod bivalence pro teplotu topné vody 45 °C.

### 3.2.2 Stručný popis provozu soustavy s tepelným čerpadlem IVT

Toto tepelné čerpadlo, tak jako i další varianty se bude starat o vytápění celého domu. Bude také využíváno na přípravu TUV po celý rok. Jedná se tepelné čerpadlo země/voda, proto se jeho primární energie bude odebírat pomocí plošných kolektorů umístěných pod povrchem země. Délka hadice HDPE pro zemní kolektory byla projekční firmou navržena na 1000 m. Tato délka bude rozdělena na několik totožných úseků, pro zajištění co největší a nejlepší účinnosti této části. Toto tepelné čerpadlo již není vybaveno venkovní jednotkou, ale pouze vnitřní, která bude umístěná ve sklepní části tohoto domu. Další část je již shodná s předchozím tepelným čerpadlem, proto jí již zde nebudu dále popisovat.

### 3.2.3 Zjištění potřebných hodnot pro výpočet spotřeby

Pro tento typ tepelného čerpadla budeme brát v úvahu stejné provozní podmínky, jak tomu bylo u předchozí varianty. Proto postup pro získání potřebných dat k provádění dalších výpočtů můžete vidět v (Odstavec 3.1.4). Hodnoty zjištěné tímto způsobem můžete vidět v tabulkách umístěných přímo pod tímto odstavcem.

Tabulka 11. Dopočtené hodnoty pro topnou vodu 45 °C

Pro topnou vodu 45 °C				
Venkovní teplota	Tepelný výkon		Příkon	
[°C]	[kW]	[mm]	[kW]	[mm]
4	22	79,0817	5,6	93,4205
	<b>23,47</b>	84,3552	<b>5,65</b>	94,2603
17,4	26	93,3448	5,6	93,4205
	<b>26,23</b>	94,1757	<b>5,74</b>	95,7306

Tabulka 12. Dypočtené hodnoty pro topnou vodu 55 °C

Pro topnou vodu 55 °C				
Venkovní teplota	Tepelný výkon		Příkon	
[°C]	[kW]	[mm]	[kW]	[mm]
4	22	79,082	5,6	93,421
	<b>22,51</b>	80,898	<b>6,70</b>	111,739
17,4	26	93,345	5,6	93,421
	<b>25,09</b>	90,095	<b>6,89</b>	114,887

### 3.2.4 Výpočet dob provozů tohoto tepelného čerpadla

Jako první bod vypočítáme hodnotu doby provozu tepelného čerpadla pro vytápění. Při tomto výpočtu budeme uvažovat stejné provozní hodnoty jako v minulé variantě, tedy hodnotu topného výkonu pro venkovní teploty 4 °C a hodnotu topné vody 45 °C, tyto hodnoty můžete vidět v (Tab. č.11)

$$t_{tč2\ vyt} = \frac{Q_{vyt\ rok}}{P_{tč2\ 4/45}} \quad [\text{h}] \quad 3.10$$

$$t_{tč2\ vyt} = \frac{46,18}{23,47 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{1967,62\ h}$$

V dalších bodech vypočítáme dobu provozu tepelného čerpadla pro ohřev TUV jak během, tak mimo topnou sezónu. Pro tento výpočet je potřeba zjistit hodnotu statických ztrát akumulční nádoby na uchovávání teplé užitkové vody. Jelikož se pro tento výpočet a tuto variantu využívá úplně stejná nádoba, tak postup výpočtu můžete vidět v (Rovnice 3.2).

$$t_{tč2\ TUV\ zim} = \frac{Q_{TUV\ den} + Q_{z\ TUV}}{P_{tč2\ 4/55}} \cdot d \quad [\text{h}] \quad 3.11$$

$$t_{tč2\ TUV\ zim} = \frac{52,33 + 1,99}{22,51} \cdot 234 = \mathbf{564,68\ h}$$

$$t_{tč2\ TUV\ lét} = \frac{Q_{TUV\ den} + Q_{z\ TUV}}{P_{tč2\ 17,5/55}} \cdot (N - d) \quad [\text{h}] \quad 3.12$$

$$t_{tč2\ TUV\ lét} = \frac{52,33 + 1,99}{25,09} \cdot (365 - 234) = \mathbf{283,62\ h}$$

Protože jsem v tomto momentu vypočítal veškeré potřebné doby provozů tohoto tepelného čerpadla, tak se můžu pustit do výpočtu spotřeb elektrické energie pro provoz.

### 3.2.5 Výpočty spotřeb elektrické energie pro provoz

V první řadě vypočítáme hodnotu spotřeby elektrické energie pro oběhové čerpadlo, které je umístěno v topném okruhu. Toto čerpadlo je v provozu pouze pokud se topí. Jedná se stejné čerpadlo, jaké bylo použito v první variantě a jeho průměrný příkon výrobce udává  $P_{p\ tč\ obč} = 20\text{ W}$ . [16]

$$E_{s\ tč2\ obč} = t_{tč2\ vyt} \cdot P_{p\ tč\ obč} = 1967,62 \cdot 0,02 = \mathbf{0,039\ MWh \cdot rok^{-1}} \quad 3.13$$

Výpočet zbylých spotřeb již vychází z údajů od výrobce a dále dat získaných pomocí grafické metody a dalších výpočtů viz. (Tab. č.11 a č.12).

$$E_{s\ tč2\ vyt} = t_{tč2\ vyt} \cdot P_{p\ tč2\ 4/45} = [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.14$$

$$E_{s\ tč2\ vyt} = 1967,62 \cdot 5,65 = \mathbf{11,12\ kWh \cdot rok^{-1}}$$

Spotřeba elektrické energie pro nahřívání TUV v topném období.

$$E_{s\ tč2\ TUV\ zim} = t_{tč2\ TUV\ zim} \cdot P_{p\ tč2\ 4/55} = [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.15$$

$$E_{s\ tč2\ TUV\ zim} = 564,68 \cdot 6,7 = \mathbf{3,78\ MWh \cdot rok^{-1}}$$

Spotřeba elektrické energie pro nahřívání TUV mimo topnou sezónu.

$$E_{s\ tč2\ TUV\ let} = t_{tč2\ TUV\ let} \cdot P_{p\ tč2\ 17,5/55} = [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.16$$

$$E_{s\ tč2\ TUV\ let} = 283,62 \cdot 6,89 = \mathbf{1,95\ MWh \cdot rok^{-1}}$$

$$E_{s\ tč2\ cel} = E_{s\ tč2\ obč} + E_{s\ tč2\ vyt} + E_{s\ tč2\ TUV\ zim} + E_{s\ tč2\ TUV\ let} \quad [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.17$$

$$E_{s\ tč2\ cel} = 0,039 + 11,12 + 3,78 + 1,95 = \mathbf{16,89\ MWh \cdot rok^{-1}}$$

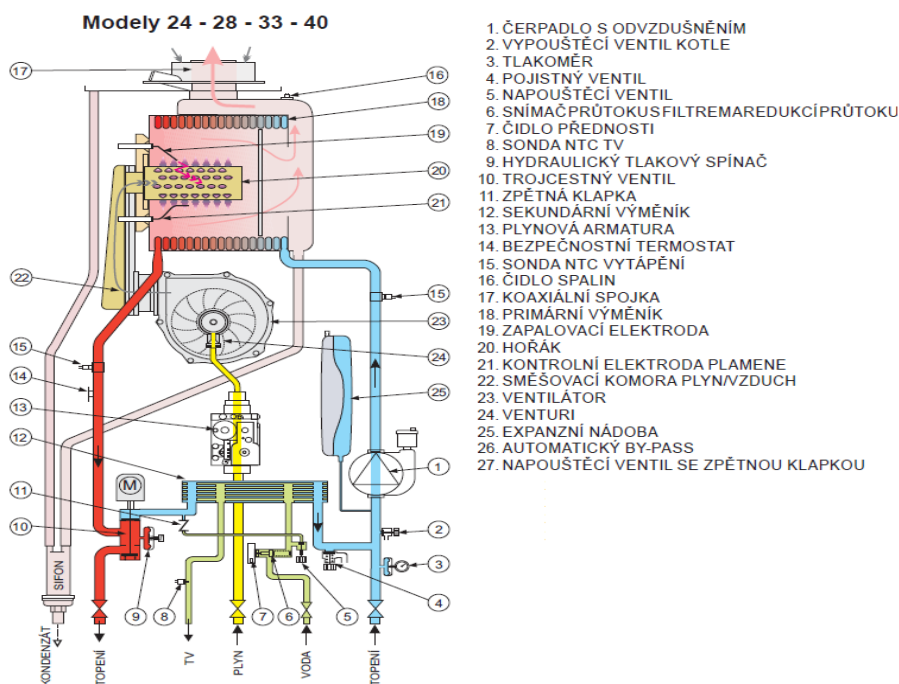
Celková spotřeba tohoto tepelného čerpadla vyšla  $\mathbf{16,89\ MWh \cdot rok^{-1}}$ . Již na první pohled můžeme říci, že tepelné čerpadlo země/voda bude mít v porovnání s první variantou skoro poloviční provozní náklady.

### 3.3 Plynový kondenzační kotel BAXI (Varianta č.3)

V další variantě se již nejedná o tepelné čerpadlo, ale o kondenzační plynový kotel od firmy BAXI. Tuto firmu jsem si vybral z toho důvodu, že mi byla doporučena revizním technikem, který se v našem domě stará již více jak 15 let o stávající plynový kotel. Bylo mi řečeno, že s výrobky této firmy má již více jak 10letou zkušenost a nemůže jinak, než jejich výrobky doporučit. Výrobek, který mi byl doporučen po konzultaci s obchodně-technickým poradcem od firmy BAXI se jmenuje **LUNA DUO-TEC+ 28**. Jedná se o kondenzační plynový kotel s tepelným výkonem pro vytápění 24 kW a také s možností přípravy TUV s výkonem 28 kW. Tento plynový kotel se bude také starat jak o vytápění celého domu, tak o přípravu TUV, která se bude uchovávat v nepřímotopném zásobníku UBVT 300 SC, který je také od stejného výrobce. Tento zásobník je vybaven pouze jedním výměníkem pro nahřívání vody pomocí externího zdroje tepla, kterým je v našem případě plynový kotel. Z důvodu zvýšení životnosti je zásobník vybaven hořčikovou anodou, která chrání proti vzniku vodního kamene a snižuje riziko koroze.

Tabulka 13. Technické parametry LUNA Duo-TECH+28 [20]

Technické parametry		
Tepelný výkon topení	24	[kW]
Tepelný výkon pro přípravu TUV	28	[kW]
Energetická účinnost pro vytápění	93	[%]
Energetická účinnost pro přípravu TUV	86	[%]
Jmenovitý elektrický příkon	99	[W]
Příkon podpůrných obvodu průměr	21	[W]
Elektrické napětí	230	[V]
Druh plynu	G20	[-]



Obrázek 16. Vnitřní schéma kondenzačního kotle LUNA Duo-TECH+28 [20]

### 3.3.1 Stručný popis provozu soustavy s kondenzačním kotlem

Tento plynový kondenzační kotel se bude starat o vytápění celého objektu o vypočtené tepelné ztrátě již v předchozí části. Také se bude starat o přípravu TUV a to během celého roku, jelikož tato varianta je vybavena pouze pasivním zásobníkem. Proto bude tato varianta ve výsledku závislá převážně na množství spotřebovaného plynu a dále na spotřebě elektrické energie spojené s provozem tohoto plynového kotle, ale ta bude ve srovnání s plynem zanedbatelná.

### 3.3.2 Výpočet roční spotřeby plynu pro provoz tohoto kotle

Jako první krok je důležité vypočítat roční spotřebu plynu kondenzačního kotle pro vytápění daného objektu. Provedl jsem to tak, že vypočtenou hodnotu tepla pro vytápění  $Q_{vyt\ rok}$  podělíme účinností kondenzačního kotle pro vytápění. Tuto účinnost výrobce pro tento kotle udává  $\eta_{kok\ vyt} = 0,93$ . [20]

$$Q_{kok\ vyt} = \frac{Q_{vyt\ rok}}{\eta_{kok\ vyt}} \quad [\text{MWh}] \quad 3.18$$

$$Q_{kok\ vyt} = \frac{46,18}{0,93} = \mathbf{49,65\ MWh}$$

Roční spotřebu plynu pro přípravu TUV zjistíme velice podobným a jednoduchým způsobem. A to tak, že vypočtenou hodnotu tepla pro přípravu  $Q_{TUV\ rok}$  daného objektu podělíme energetickou účinností kondenzačního kotle pro přípravu TUV a účinností akumulární nádoby pro skladování TUV. Tuto hodnotu bohužel výrobce neudává, proto jí do výpočtu zakomponujeme pomocí statické tepelné ztráty této nádoby  $Q_{z\ TUV} = 2,2\ \text{kW} \cdot \text{den}^{-1}$ . [21]

$$Q_{kok\ TUV} = \frac{Q_{TUV\ rok}}{\eta_{kok\ TUV} \cdot \eta_{TUV}} \quad [\text{MWh}] \quad 3.19$$

$$Q_{kok\ TUV} = \frac{17,23}{0,86 \cdot \frac{17,23}{2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 365 + 17,23}} = \mathbf{20,97\ MWh}$$

Tyto dvě vypočtené hodnoty spotřeby plynu jak pro vytápění, tak přípravu TUV již pouze sečteme. Tím pádem nám vznikne celková roční spotřeba plynu pro provoz daného kondenzačního kotle.

$$Q_{cel\ kok} = Q_{kok\ vyt} + Q_{kok\ TUV} \quad [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.20$$

$$Q_{cel\ kok} = 49,65 + 20,97 = \mathbf{70,62\ MWh \cdot \text{rok}^{-1}}$$

Celková spotřeba plynu pro vytápění a přípravu TUV v daném objektu vyšla  $\mathbf{70,62\ MWh \cdot \text{rok}^{-1}}$ .

### 3.3.3 Výpočet dob provozů kondenzačního kotle

Abychom zjistili celkovou spotřebu elektrické energie potřebnou pro provoz tohoto plynového kotle, potřebujeme spočítat celkovou dobu ročního provozu jak pro vytápění, tak pro přípravu TUV. Tohoto docílíme tak, že celkovou roční potřebu tepla pro vytápění a přípravu TUV podělíme tepelným výkonem, který tento kotel je schopen produkovat během těchto provozů. Hodnoty těchto parametrů můžete vidět v (Tab. č.13).

$$t_{kok\ vyt} = \frac{Q_{vyt\ rok}}{P_{kok\ vyt}} \quad [\text{h}] \quad 3.21$$

$$t_{kok\ vyt} = \frac{46,18}{24 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{1924,17\ h}$$

$$t_{kok\ TUV} = \frac{Q_{TUV\ rok}}{P_{kok\ TUV}} \quad [\text{h}] \quad 3.22$$

$$t_{kok\ TUV} = \frac{17,23}{28 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{615,36\ h}$$

### 3.3.4 Celková spotřeba elektrické energie pro kondenzační kotel

Pro výpočet spotřeby elektrické energie stačí pouze sečíst doby provozů a vynásobit příkony tohoto kondenzačního kotle. Pro provoz výrobce udává hodnoty příkonu pro provoz  $P_{p\ kok} = 99\ \text{W}$  a pro další podpůrné systémy výrobce udává  $P_{p\ pod} = 21\ \text{W}$  [20]

$$E_{s\ kok\ cel} = (t_{kok\ vyt} + t_{kok\ TUV}) \cdot P_{p\ kok} + P_{p\ pod} \quad [\text{kWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.23$$

$$E_{s\ kok\ cel} = (1924,17 + 615,35) \cdot 0,099 + 0,021 = \mathbf{304,74\ kWh \cdot rok^{-1}}$$

Celková spotřeba elektrické energie pro provoz tohoto kondenzačního kotle vyšla  $E_{s\ kok\ cel} = \mathbf{304,74\ kWh \cdot rok^{-1}}$ . Je to přesně tak, jak jsem avizoval na začátku těchto výpočtů, že ve srovnání s hodnotou spotřeby plynu je tato hodnota zanedbatelná, ale uvažovat s ní samozřejmě budeme.

### 3.4 Kotel na tuhá paliva BENEKOV (Varianta č.4)

Jako poslední variantu jsem si vybral kotel na tuhá paliva od firmy BENEKOV. Jedná se o ryze českou firmu zabývající se převážně topenářskými výrobky. Po konzultaci s technikem montážní firmy, který mi byl doporučen samotnou firmou BENEKOV jsem se rozhodl pro kotel s označením **BENEKOV C27**. Tento kotel dosahuje jmenovitého tepelného výkonu 25 kW, a to pro oba dva druhy palivového materiálu. Prvním palivem je hnědé uhlí o velikosti (Ořech 2). Dle parametrů od výrobce je tento kotel schopen při jmenovitém výkonu, plně naloženým zásobníkem a tímto druhem paliva topit až 48 h. Druhé palivo, které je pro tento kotel také vhodné, jsou dřevěné pelety. Tento kotel se bude starat o vytápění celého rodinného domu a zároveň v topném období i o přípravu TUV. Ta se bude uchovávat v 300 litrovém kombinovaném ohřivači od firmy Dražice s označením OKC 300 NTR/BP. V období mimo topnou sezónu se bude tento zásobník nahřívat pomocí elektrické energie. Pro tento typ zásobníku je možno si vybrat, jaký výkon topné spirály v rozmezí 2–12 kW je pro naši potřebu vyhovující, jelikož se prodává jako příslušenství, v balení není primárně žádný.

Tabulka 14. Technické parametry kotle BENEKOV C27[22]

Technické parametry		
Doporučená provozní teplota	65-80	[°C]
Třída energetické účinnosti	A+	[-]
Energetická účinnost	90	[%]
Třída kotle dle ČSN EN 303-5	5	[-]
Tepelný výkon topení (Hnědé uhlí)	7,5-25	[kW]
Tepelný výkon topení (Pelety)	6,9-25	[kW]
Přípojovací napětí	230	[V]
Elektrický příkon při jmenovitém výkonu (Hnědé uhlí)	35	[W]
Elektrický příkon při jmenovitém výkonu (Pelety)	40	[W]
Elektrický příkon	118	[W]

Tento kotel, jak již bylo řečeno je možné provozovat na dva druhy paliva. Hlavní priorita bude přiřazena tomu druhu paliva, které bude samozřejmě méně ekonomicky nákladné a zároveň bude komfortnější pro uživatele. Je také pravda, že tímto kotlem nemůžeme konkurovat komfortu, kterého jsou schopny dosáhnout předešlé varianty jako jsou tepelná čerpadla a plynový kotel, ale podle mého názoru se tato můžeme alespoň přiblížit. Z tohoto důvodu byl vybrán dodavatel topného materiálu, který dodává tyto paliva pytlované. Všechny tyto klady a zápory se samozřejmě budou hlavně promítat do výsledného srovnání všech posuzovaných variant.

Tabulka 15. Předepsané vlastnosti paliv pro kotel BENEKOV C27[22]

Předepsané vlastnosti paliv dle ČSN EN 303-5			
Vlastnosti	Jednotky	Hnědé uhlí Ořech 2	Dřevní pelety
Průměr	[mm]	10–25	6–14
Délka	[mm]	-	max. 30
Sypná hmotnost	[kg·m <sup>3</sup> ]	700–740	600–650
Obsah vody	[%]	max. 20	max. 12
Výhřevnost	[MJ·kg <sup>-1</sup> ]	min. 17	min. 17





Obrázek 17. Kotel BENEKOV C27 [23]

V (Tab. č.16) můžeme vidět porovnání obou druhů topného paliva. Oba dva tyto typy jsou vybrány od stejného dodavatele (*Optimtop.cz*). V poslední řadě cenu pro dovoz můžeme zanedbat, protože tento dodavatel garantuje dovoz po celé ČR zdarma, to již při odběru pouze jedné palety.

Tabulka 16. Porovnání parametrů paliv a cen od dodavatele [24], [25]

Popis	Jednotky	Pytlované hnědé mostecké uhlí (Ořech 2)	Dřevěné pelety prémium (ENPLUS A1)
Hmotnost palety	[kg]	800	825
Počet pytlů na paletě	[ks]	40	55
Hmotnost pytle	[kg]	20	15
Zrnitost	[mm]	10–25	6
Výhřevnost	[MJ·kg <sup>-1</sup> ]	20	18,5
Cena za paletu	[Kč]	4220	5640
<b>Cena za kg s DPH</b>	<b>[Kč·kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>5,28</b>	<b>6,84</b>

### 3.4.1 Stručný popis provozu kotle na tuhá paliva Benekov

Jak již bylo uvedeno tento kotel se bude starat o vytápění celého objektu o tepelné ztrátě  $Q_c = 23,045 \text{ kW}$ . Dále se bude starat o přípravu TUV a to během topné sezóny, mimo toto období se bude o přípravu TUV starat elektrická patrona TPK 210 – 12 s výkonem 6 kW.

### 3.4.2 Dimenzování přípravy TUV

Pro tuto variantu byl doporučen stacionární kombinovaný zásobník TUV o objemu 300 l. Tento zásobník je od firmy Dražice s označením OKC 300 NTR/BP. Jedná se o zásobník svařený z ocelového plechu a výměník je tvořen z ocelových trubek. I tento zásobník je vybaven hořčikovou anodou, která snižuje riziko proražení této nádrže. Kromě trubkového výměníku umístěného uvnitř této nádoby, který bude přímo napojen na teplovodní okruh kotle, je možno zásobník vybavit elektrický ohřevem. V tomto případě jsem vybral topnou přírubu s keramickým tělesem s označením TPK 210–12 / 3–6 kW. Tento typ ohřevu se bude využívat mimo topnou sezónu, kdy bude tento kotel mimo provoz. Zmiňovaný zásobník bude nahřívat keramické těleso o výkonu 6 kW. [17], [26]

### 3.4.3 Roční spotřeba energie pro vytápění a přípravu TUV pomocí kotle

Roční spotřebu jsem rozdělil na dvě části. V první části jsem vypočítal roční spotřebu energie pouze pro vytápění. Tento výpočet jsem realizoval tak, že jsem hodnotu potřebného tepla na vytápění  $Q_{vyt\ den}$  podělil účinnosti kotle, kterou udává výrobce  $\eta_{kot} = 0,9$ . Toto jsem již pouze vynásobil počtem dnů v topné sezoně. [22]

$$E_{kot\ vyt} = \frac{Q_{vyt\ den}}{\eta_{kot}} \cdot d \quad [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.24$$

$$E_{kot\ vyt} = \frac{197,37}{0,9} \cdot 234 = \mathbf{51,32 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}}$$

V druhé části jsem počítal spotřebu energie pro přípravu TUV pomocí kotle v topném období. Toto jsem spočítal obdobným způsobem, ale v první řadě jsem musel vypočítat účinnost nádoby na TUV, jelikož jí výrobce neudával. Za to však udává hodnotu statických ztrát této nádoby  $Q_{z\ TUV} = 83 \text{ W}$ . [17]

$$Q_{z\ TUV\ den} = Q_{z\ TUV} \cdot 24 = 83 \cdot 24 = \mathbf{1,99 \text{ kW} \cdot \text{den}^{-1}} \quad 3.25$$

$$E_{kot\ TUV} = \frac{Q_{TUV\ den}}{\eta_{kot} \cdot \eta_{TUV}} \cdot d \quad [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.26$$

$$E_{kot\ TUV} = \frac{52,33 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot \left( \frac{52,33 \cdot 10^{-3}}{1,99 \cdot 10^{-3} + 52,33 \cdot 10^{-3}} \right)} \cdot 234$$

$$E_{kot\ TUV} = \mathbf{14,12 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}}$$

Ted' už máme vypočítané všechny potřebné energie pro tento kotel, tak je stačí již jenom sečíst a vyjde nám výsledná celková spotřeba energie.

$$E_{kot\ celk} = E_{kot\ top} + E_{kot\ TUV} \quad [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.27$$

$$E_{kot\ celk} = 51,32 + 14,12 = \mathbf{65,44 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}}$$

### 3.4.4 Výpočty dob provozů kotle na tuhá paliva

Tuto dobu jsem vypočítal také z potřeby tepla pro vytápění a přípravu TUV s tím rozdílem, že jsem zde použil potřeby pro denní provoz.

$$t_{kot\ cel} = \frac{Q_{vyt\ den} + Q_{TUV\ den}}{P_{kot}} \cdot d = \frac{197,37 + 52,33}{25} \cdot 234 = \mathbf{2336,82\ h} \quad 3.28$$

### 3.4.5 Doba provozu oběhového čerpadla pro přípravu TUV během topné sezóny

Tuto dobu jsem vypočítal, jako poměr potřebného tepla pro přípravu TUV a hodnotě tepelného výkonu, který tento kotel produkuje.

$$t_{kot\ TUV} = \frac{Q_{TUV\ den}}{P_{kot}} \quad [\text{h}] \quad 3.29$$

$$t_{kot\ TUV} = \frac{52,33}{25} = \mathbf{2,09\ h}$$

$$t_{obč\ TUV} = t_{kot\ TUV} \cdot d \quad [\text{h}] \quad 3.30$$

$$t_{obč\ TUV} = 2,09 \cdot 234 = \mathbf{489,06\ h}$$

### 3.4.6 Celková spotřeba elektrické energie pro kotel na tuhá paliva

Pro výpočet spotřeby elektrické energie teď stačí vypočtené doby provozu vynásobit příkonem daných součástí. Příkon tohoto kotle výrobce udává  $P_{p\ kot} = 118\ \text{W}$ . [22]

$$E_{s\ kot} = t_{kot\ cel} \cdot P_{p\ kot} = 2336,82 \cdot 0,118 = \mathbf{275,74\ kWh \cdot rok^{-1}} \quad 3.31$$

Během vytápění jsou v provozu ještě dva oběhová čerpadla. Tato čerpadla mají podle výrobce jmenovitý příkon  $P_{p\ obč} = 20\ \text{W}$ . [27]

$$E_{s\ kot\ obč} = t_{kot\ cel} \cdot P_{p\ obč} \cdot 2 \quad [\text{kWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.32$$

$$E_{s\ kot\ obč} = 2336,82 \cdot 0,020 \cdot 2 = \mathbf{93,47\ kWh \cdot rok^{-1}}$$

Pro provoz během nahřívání TUV je v provozu třetí stejné oběhové čerpadlo.

$$E_{s\ TUV\ obč} = t_{obč\ TUV} \cdot P_{p\ obč} = 489,06 \cdot 0,020 = \mathbf{9,78\ kWh \cdot rok^{-1}} \quad 3.33$$

Pro výpočet spotřeby elektrické energie pro přípravu TUV během letního období stačí pouze hodnotu potřebného tepla pro přípravu TUV za den vynásobit počtem dnů mimo topnou sezónu.

$$E_{s\ elt\ TUV} = Q_{TUV\ den} \cdot (N - d) \quad [\text{kWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.34$$

$$E_{s\,elt\,TUV} = 52,33 \cdot (365 - 234) = \mathbf{6855,24\,kWh \cdot rok^{-1}}$$

$$E_{s\,celk} = E_{s\,kot} + E_{s\,kot\,obč} + E_{s\,TUV\,obč} + E_{s\,elt\,TUV} \quad [\text{kWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad 3.35$$

$$E_{s\,celk} = 275,74 + 93,47 + 9,78 + 6855,24 = \mathbf{7223,23\,kWh \cdot rok^{-1}}$$

Celková spotřeba elektrické energie pro provoz tohoto typu kotle na tuhá paliva vyšla  $E_{s\,celk} = \mathbf{7223,23\,kWh \cdot rok^{-1}}$ .

## 4 Ekonomické zhodnocení všech variant

Tato ekonomická zhodnocení vychází z cenových nabídek, které byly vytvořeny pomocí různých projekčních firem, nebo s pomocí dané firmy a cen, které udává přímo výrobce daného produktu. Tyto ceny se mohou za nějaký čas změnit a nemusí tedy být shodné s cenami v době, kdy byla zpracována tato práce. Ceny jak za elektrickou energii, plyn, nebo jiné palivo potřebné pro provoz těchto variant byly vybrány od zvolených dodavatelů pro danou komoditu. Tyto ceny by měly být po určitou dobu zpřístupněny v jejich archívu. U všech výpočtů byla až v samotném závěru započítána hodnota DPH.

### 4.1 Tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan (Varianta č.1)

V této variantě se bude jednat o zhodnocení, jak celkových investičních nákladů, které jsou potřebné pro pořízení této varianty, tak celkových provozních nákladů, které jsou v tomto případě pouze spotřebovaná elektrická energie potřebná pro provoz.

#### 4.1.1 Investiční náklady

V (Tab. č.17) můžete vidět popis a ceny veškerých potřebných součástí na realizaci této varianty. Tuto cenovou nabídku jsem si nechal vytvořit přes firmu **AM SERVIS & DISTRIBUCE**, kterou jsem oslovil, protože se zabývá tímto druhem tepelného čerpadla a sídlí nedaleko mého bydliště. Celková cena investičních nákladů  $N_I = 430\,656,14$  Kč. Podrobnější popis těchto investičních nákladů najdete v (Příloha č.5).

Tabulka 17. Investiční náklady na tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan

Položka – popis	Cena [Kč]
PUHZ-SHW230YKA	200 000,00
EHSE-YM9EC	94 800,00
Auraton 2030 RTH	2 545,00
Dražice 100 l	3 900,00
Elektro materiál	4 500,00
Expanzní nádoba NG50/6	1 900,00
Chladírenský materiál	4 500,00
Oběhové čerpadlo Grundfos	2 600,00
Silentblok	239,60
Ventil třicestný	3 499,00
Zásobník na TUV Dražice 300 l	16 000,00
Topenářské práce	25 000,00
Chladírenské práce, připojení, doprava	15 000,00
Záruka na 5 let	V ceně
Celkem	374 483,60
<b>Celkem s DPH (15 %)</b>	<b>430 656,14</b>

#### 4.1.2 Provozní náklady

Provozní náklady na tuto variantu se skládají pouze ze spotřeby elektrické energie. Pro veškeré výpočty cen elektrické energie jsem zvolil (ceník – smlouva na rok, platná pro rok 2018). Pro tuto variantu je podle poskytovatele elektrické energie (ČEZ distribuce) určen tarif D57d. V tomto případě

se jedná o dvou tarifní produkt, který je rozdělen na 20 hodin nízkého a 4 hodiny vysokého tarifu za den. Hodnota hlavního jističe byla zvolena podle maximálního soudobého příkonu celého domu na hodnotu v rozmezí 25–32 A včetně. [28]

Tabulka 18. Ceník (ČEZ) se sazbou D57d pro variantu č.1[28]

Popis		Cena [Kč]	Jednotky
Cena za dodávku elektřiny	VT	1 313,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
	NT	1 261,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Stálá platba		69,00	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
Cena za distribuci elektřiny	VT	147,90	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
	NT	127,97	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe	3x25A – 3x32A	352,00	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
Daň z elektřiny		28,30	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Systémové služby		93,63	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Činnost OTE		5,40	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
(POZE) Podpora výkupu obnovitelných zdrojů	podle jističe	15,05	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
	podle spotřeby	495,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]

V (Tab. č.18) nad textem, můžeme vidět veškeré ceny za elektrickou energii stanovené přímo dodavatelem (ČEZ Distribuce). Tyto hodnoty již stačí vynásobit buď hodnotou spotřeby v nízkém nebo vysokém tarifu, celkovou spotřebou obou těchto tarifů, nebo dobou provozu. V našem případě se jedná o dobu 12 měsíců. Výpočet spotřeby elektrické energie rozdělené v poměru, který dodavatel udává pro tento typ tarifu můžete vidět v (Rovnice 4.1 a 4.2). Největší význam zde má ale výpočet hodnoty zvané POZE, přesněji podpora výkupu obnovitelných zdrojů. Jedná se o výpočet buď podle hodnoty jističe před elektroměrem, nebo podle celkové spotřebované elektrické energie. V případě výpočtu podle jističe je postup takový, že násobíme měsíce, počty fází, maximální hodnotu jističe a cenu podle jističe. Postup pro výpočet hodnoty podle spotřeby je takový, že stačí vynásobit hodnotu celkové spotřebované elektrické energie cenou podle spotřeby. Vždy se do celkového součtu započítává ta nižší hodnota z těchto dvou vypočtených. Celý postup výpočtu jednotlivých částí můžete vidět v (Rovnice 4.3 až 4.13).

$$VT = \frac{4}{24} \cdot E_{s\ tč1\ cel} = \frac{4}{24} \cdot 29,78 = 4,963 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad 4.1$$

$$NT = \frac{20}{24} \cdot E_{s\ tč1\ cel} = \frac{20}{24} \cdot 29,78 = 24,817 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad 4.2$$

#### Cena za dodávku elektřiny

$$\text{Vysoký tarif} = 1313 \cdot 4,963 = 6\,516,9 \text{ Kč} \quad 4.3$$

$$\text{Nízký tarif} = 1261 \cdot 24,817 = 31\,293,8 \text{ Kč} \quad 4.4$$

**Stálá platba**

$$SP = 69 \cdot 12 = \mathbf{828 \text{ Kč}} \quad 4.5$$

**Cena za distribuci elektřiny**

$$Vysoký \text{ tarif} = 147,90 \cdot 4,963 = \mathbf{734,1 \text{ Kč}} \quad 4.6$$

$$Nízký \text{ tarif} = 127,97 \cdot 24,817 = \mathbf{3175,8 \text{ Kč}} \quad 4.7$$

**Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe**

$$SPzRPPj = 352 \cdot 12 = \mathbf{4224 \text{ Kč}} \quad 4.8$$

**Daň z elektřiny**

$$DzE = 28,30 \cdot 29,78 = \mathbf{842,8 \text{ Kč}} \quad 4.9$$

**Systémové služby**

$$SS = 93,63 \cdot 29,78 = \mathbf{2788,3 \text{ Kč}} \quad 4.10$$

**Činnost OTE**

$$OTE = 5,4 \cdot 12 = \mathbf{64,8 \text{ Kč}} \quad 4.11$$

**POZE (podpora výkupu obnovitelných zdrojů)**

$$POZE_j = 12 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 15,05 = \mathbf{17\,337,6 \text{ Kč}} \quad 4.12$$

$$POZE_s = 29,78 \cdot 495 = \mathbf{14\,741,1 \text{ Kč}} \quad 4.13$$

Tabulka 19. Celkové provozní náklady pro variantu č. 1

Popis		Cena [Kč]
Cena za dodávku elektřiny	VT	6 516,9
	NT	31 293,8
Stálá platba		828,0
Cena za distribuci elektřiny	VT	734,1
	NT	3 175,8
Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe	3x20A – 3x25A	4 224,0
Daň z elektřiny		842,8
Systémové služby		2 788,3
Činnost OTE		64,8
(POZE) Podpora výkupu obnovitelných zdrojů	podle jističe	17 337,6
	podle spotřeby	<b>14 741,1</b>
Celkem		65 209,5
<b>Celkem s 21 % DPH</b>		<b>78 903,5</b>

V této chvíli, již stačí sečíst všechny vypočtené hodnoty dohromady a z hodnoty POZE započíst tu nižší hodnotu. Celková cena za spotřebu elektrické energie vyšla  $N_p = \mathbf{78\,903,5 \text{ Kč}}$ .

## 4.2 Tepelné čerpadlo IVT (Varianta č.2)

V této variantě se bude jednat také o zhodnocení, jak celkových investičních nákladů, které jsou potřebné pro pořízení této varianty, tak celkových provozních nákladů, která jsou v tomto případě pouze spotřebovaná elektrická energie.

### 4.2.1 Investiční náklady

V (Tab. č.20) můžete vidět cenu všech potřebných částí pro realizaci této varianty. Tuto cenovou nabídku, jsem si nechal vytvořit přes projekční firmu **REPAX Orlová**. Tuto firmu jsem si nevybral sám, ale po odeslání mých požadavků přímo firmě IVT, jsem byl na tuto firmu přeměrován, jako na zástupce IVT v této problematice pro náš region. Celková cena investičních nákladů se vyšplhala na  $N_I = 733\,355$  Kč. Podrobnější popis těchto investiční nákladů najdete v (Příloha č.6).

Tabulka 20. Investiční náklady na tepelné čerpadlo IVT

Položka – popis	Cena [Kč]
2x IVT GREENLINE C11	454 000,00
Nádoba na TUV Dražice 300l	16 000,00
Elektrokotel	v ceně
Nízkoenergetická oběhová čerpadla	
Moderní grafický ekvitermní regulátor	
Pojistný ventil a expanzní nádoba primárního okruhu	
Trojcestný ventil pro připojení zásobníku teplé vody	
Filterbally pro zachycení nečistot, plnicí souprava	
Materiál, montáž a doprava tepelného čerpadla	38 500,00
Uvedení do provozu a zaškolení obsluhy	5 000,00
HDPE hadice pro zemní kolektor	56 000,00
Propojení sběračů tepla, nemrznoucí směs	40 000,00
Akumulátor topné vody (BC 100)	18 000,00
Dopojení k topnému systému	4 500,00
Zapojení elektro	1 800,00
Připojení zásobníku na rozvod vody	3 900,00
Záruka na 5 let	v ceně
Celkem	637 700,00
<b>Celkem s DPH (15 %)</b>	<b>733 355,00</b>

### 4.2.2 Provozní náklady

V této variantě se bude jednat stejně jako v předešlé pouze o náklady spojené se spotřebovanou elektrickou energií pro provoz. Pro výpočty těchto nákladů budu vycházet z cen za elektrickou energii (ceník – smlouva na rok, platná pro rok 2018). Pro tuto variantu je zvolen tarif D57d od poskytovatele (ČEZ distribuce). Jedná se o dvou tarifní produkt, který je rozdělen na 20 hodin nízkého a 4 hodiny vysokého tarifu za den. Hodnota hlavního jističe byla zvolena podle maximálního soudobého příkonu celého domu na hodnotě v rozmezí 25–32 A včetně. [28]



Tabulka 21. Ceník (ČEZ) se sazbou D57d pro variantu č.2[28]

Popis		Cena [Kč]	Jednotky
Cena za dodávku elektřiny	VT	1 313,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
	NT	1 261,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Stálá platba		69,00	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
Cena za distribuci elektřiny	VT	147,90	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
	NT	127,97	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe	3x25A – 3x32A	352,00	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
Daň z elektřiny		28,30	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Systémové služby		93,63	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Činnost OTE		5,40	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
(POZE) Podpora výkupu obnovitelných zdrojů	podle jističe	15,05	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
	podle spotřeby	495,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]

V (Tab. č.21) můžeme vidět veškeré ceny za elektrickou energii. Tyto hodnoty již stačí vynásobit buď hodnotou spotřeby v nízkém nebo vysokém tarifu, celkovou spotřebou obou těchto tarifů, nebo dobou provozu v našem případě se jedná o dobu 12 měsíců. Tyto již vynásobené hodnoty můžete vidět v (Tab. č.22). Výpočet spotřeby elektrické energie rozdělené v tomto poměru, můžete vidět v (Rovnice 4.14 a 4.15).

$$VT = \frac{4}{24} \cdot E_{s\ tč1\ cel} = \frac{4}{24} \cdot 16,89 = 2,815 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad 4.14$$

$$NT = \frac{20}{24} \cdot E_{s\ tč1\ cel} = \frac{20}{24} \cdot 16,89 = 14,075 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad 4.15$$

Jak v předešlé, tak i v této variantě, je nutné vypočítat hodnotu POZE, jak podle jističe, tak podle spotřeby. Výpočty těchto hodnot můžete vidět v (Rovnice 4.16 a 4.17).

$$POZE_j = 12 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 15,05 = 17\,337,6 \text{ Kč} \quad 4.16$$

$$POZE_s = 16,89 \cdot 495 = 8\,360,6 \text{ Kč} \quad 4.17$$

Tabulka 22. Celkové provozní náklady pro variantu č.2

Popis		Cena [Kč]
Cena za dodávku elektřiny	VT	3 696,1
	NT	17 748,6
Stálá platba		828,0
Cena za distribuci elektřiny	VT	416,3
	NT	1 801,2
Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe	3x20A – 3x25A	4 224,0
Daň z elektřiny		478,0
Systémové služby		1 581,4
Činnost OTE		64,8
(POZE) Podpora výkupu obnovitelných zdrojů	podle jističe	17 337,6
	podle spotřeby	<b>8 360,6</b>
Celkem		39 198,9
<b>Celkem s 21 % DPH</b>		<b>47 430,7</b>

V této chvíli, máme vypočtené veškeré hodnoty potřebné pro výpočet celkové ceny spotřebované elektrické energie. Stačí již jenom sečíst veškeré tyto části a z hodnoty POZE započítat tu částku, která vyšla nižší. V tomto případě nám celkové provozní náklady za spotřebovanou elektrickou energii pro tuto variantu vyšly  $N_p = 47\,430,7$  Kč.

#### 4.3 Plynový kondenzační kotel BAXI (Varianta č.3)

V této variantě se bude jednat také o zhodnocení, jak celkových investičních nákladů, tak provozních nákladů. Tyto provozní náklady se však v této variantě budou dělit na dvě části. V první části se bude jednat o náklady spojené se spotřebou plynu. V druhé části se bude jednat o spotřebu elektrické energie, potřebné pro samotný provoz této varianty.

##### 4.3.1 Investiční náklady

V (Tab. č.23) můžete vidět cenu všech potřebných částí pro realizaci této varianty. Tuto cenovou nabídku, jsem vytvořil ve spolupráci s firmou **BDR Thermea**. Po odeslání mé poptávky jsem byl na tuto firmu hned přeměrován, jako na dceřinnou společnost firmy BAXI, která se tímto zabývá. Celková cena investičních nákladů se vyšplhala na  $N_I = 123\,021,25$  Kč. Podrobnější popis těchto investičních nákladů najdete v (Příloha č.7). [29]

Tabulka 23. Investiční náklady na plynový kotel BAXI [29]

Popis	Cena [Kč]
BAXI Luna Duo-tec +28	42 590,00
Pasivní bojler s jedním výměníkem UBVT 300 SC	27 190,00
Prostorový termostat programovatelný QAA73.210	2 990,00
Vnější sonda QAC34/101	650,00
Trojcestný ventil SVP45.10-1,6/230	3 990,00
Topenářské a montážní práce	15 000,00
Vyložkování komínu (nerez) 9 m	9 565,00
Doprava	5 000,00
Celkem	106 975,00
<b>Celkem s DPH (15 %)</b>	<b>123 021,25</b>

#### 4.3.2 Provozní náklady

Provozní náklady této varianty budou z jedné části závislé na spotřebě plynu a v druhé části na spotřebě elektrické energie. Je zde již jasné, že větší váhu zde bude mít spotřeba plynu než elektrické energie. Pro výpočet spotřeby plynu jsem si zvolil plyn od poskytovatele služeb (EON) s názvem (variant-smlouva na 12 měsíců platná pro rok 2018). Jelikož celková spotřeba plynu vyšla  $Q_{cel\ kok} = 70,62 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$  je nutné počítat s cenami pro roční spotřebu v rozmezí 63 – 315  $\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Pro výpočet spotřeby elektrické jsem zvolil (ceník – smlouva na rok, platná pro rok 2018). Pro tuto variantu je podle poskytovatele elektrické energie (ČEZ distribuce) určen tarif D01d. Jedná se o jedno tarifní sazbu. Hodnota hlavního jističe zůstává, stejná jako byla doposud a to 20–25 A. [28], [30]

Tabulka 24. Ceník (ČEZ) se sazbou D01d pro variantu č.3 [28]

Popis		Cena [Kč]	Jednotky
Cena za dodávku elektřiny	VT	1 140,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Stálá platba		69,00	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
Cena za distribuci elektřiny	VT	2 203,93	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe	3x20A – 3x25A	23,00	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
Daň z elektřiny		28,30	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Systémové služby		93,63	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Činnost OTE		5,40	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
(POZE) Podpora výkupu obnovitelných zdrojů	podle jističe	15,05	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
	podle spotřeby	495,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]

V (Tab. č.24) můžeme vidět veškeré ceny za elektrickou energii. Tyto hodnoty již stačí vynásobit hodnotou celkové spotřeby elektrické energie, nebo dobou provozu. V tomto případě se jedná o dobu 12 měsíců. Výsledné hodnoty můžete vidět v (Tab. č.25).

Jak v předešlé, tak i v této variantě, je nutné vypočítat hodnotu POZE, jak podle jističe, tak podle spotřeby. Výpočty těchto hodnot můžete vidět v (Rovnice 4.18 a 4.19).

$$POZE_j = 12 \cdot 3 \cdot 25 \cdot 15,05 = \mathbf{13545 \text{ Kč}} \quad 4.18$$

$$POZE_s = 304,74 \cdot 10^{-3} \cdot 495 = \mathbf{150,8 \text{ Kč}} \quad 4.19$$

Tabulka 25. Provozní náklady za elektřinu pro variantu č.3

Popis		Cena [Kč]
Cena za dodávku elektřiny	VT	347,4
Stálá platba		828,0
Cena za distribuci elektřiny	VT	671,6
Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe	3x20A – 3x25A	276,0
Daň z elektřiny		8,6
Systémové služby		28,5
Činnost OTE		64,8
(POZE) Podpora výkupu obnovitelných zdrojů	podle jističe	13 545,0
	podle spotřeby	<b>150,8</b>
Celkem		2 375,8
<b>Celkem s 21 % DPH</b>		<b>2 874,8</b>

Další částí těchto provozních nákladů je výpočet ceny za spotřebované množství plynu. V těchto výpočtech budu vycházet z ceníku od dodavatele (EON) pro spotřebu 63-315 MWh · rok<sup>-1</sup>. Ceny dané dodavatelem pro roční odebrané množství v uváděném rozmezí můžete vidět v (Tab. č.26).

Tabulka 26. Ceník (EON) pro spotřebu (63-315 MWh) pro variantu č.3 [30]

Popis	Cena [Kč]	Jednotky
Cena dodávky plynu		
Jednotková komoditní cena	837,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Jednotková kapacitní cena	94 102,00	[Kč.1000 m <sup>-3</sup> ]
Cena za související služby v plynárenství		
Pevná cena za odebraný plyn	123,53	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Cena za činnost operátora trhu	2,06	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Jednotková kapacitní cena	115 977,54	[Kč.1000 m <sup>-3</sup> ]
<b>Jednotková cena</b>	<b>962,59</b>	<b>[Kč.MWh<sup>-1</sup>]</b>
<b>Stálý plat celkem</b>	<b>210 079,54</b>	<b>[Kč.1000 m<sup>-3</sup>]</b>

Jelikož jsem se s roční spotřebou dostal nad hodnotu 63 MWh musíme celkovou spotřebu plynu převést na m<sup>3</sup>. Je to způsobené tím, že dodavatel do hodnoty 63 MWh používá jiný postup výpočtu než při překročení této hodnoty. Dodavatel udává převod pro roční spotřebu: 1 m<sup>3</sup> = 0,01055 MWh

#### Převod s MWh na m<sup>3</sup>

$$Převod = \frac{70,62}{0,01055} = \mathbf{6693,8 \text{ m}^3}$$

#### Cena za dodávku plynu

$$J_{koc} = 837 \cdot 70,62 = \mathbf{59\,108,9\,Kč} \quad 4.20$$

Pro výpočet podle (Rovnice 4.21 a 4.24) dodavatel udává, že je potřeba použít potřebný postup výpočtu  $1000\text{m}^3/115 \cdot \text{cena}$ .

$$SP = \frac{6,6938}{115} \cdot 94\,102 = \mathbf{5\,477,4\,Kč} \quad 4.21$$

#### Cena za související služby v plynárenství

$$PCzOP = 123,53 \cdot 70,62 = \mathbf{8723,7\,Kč} \quad 4.22$$

$$CzOTE = 2,06 \cdot 70,62 = \mathbf{145,5\,Kč} \quad 4.23$$

$$SPzPK = \frac{6,6938}{115} \cdot 115\,977,54 = \mathbf{6\,750,7\,Kč} \quad 4.24$$

V tuto chvíli máme vypočítané všechny potřebné části, abychom vypočítali celkovou cenu za spotřebovaný plyn. Celkovou cenu za spotřebované množství plynu, můžete vidět v (Tab. č.27).

Tabulka 27.Provozní náklady za plyn pro variantu č.3

Popis	Cena [Kč]
Cena dodávky plynu	
Jednotková komoditní cena	59 108,9
Stálý plat	5 477,4
Cena za související služby v plynárenství	
Pevná cena za odebraný plyn	8 723,7
Cena za činnost operátora trhu	145,5
Stálý plat za přistavenou kapacitu	6 750,7
Celkem	80 206,3
<b>Celkem s 21 % DPH</b>	<b>97 049,5</b>

Celkové provozní náklady pro tuto varianty vyšly  $N_p = \mathbf{99\,924,4\,Kč}$ . Je zde vidět, že cena za spotřebovanou elektrickou energii je zde v porovnání s cenou za spotřebu plynu celkem zanedbatelná, ale budeme s ní zde uvažovat.

#### 4.4 Kotel na tuhá paliva BENEKOV (Varianta č.4)

V této variantě se bude jednat jak o zhodnocení celkových investičních nákladů, tak i provozních. Tyto provozní náklady se budou skládat ze dvou částí. V první řadě se bude jednat o spotřebu elektrické energie, jak na provoz této varianty, tak za nahřívání TUV mimo topné období. V druhé části se bude jednat o cenu za spotřebované množství paliva, v tomto případě hnědého uhlí.

#### 4.4.1 Investiční náklady

V (Tab. č.28) můžete vidět popis a ceny veškerých potřebných součástí na realizaci této varianty. Tuto cenovou nabídku jsem si nechal vytvořit přes montážní firmu v okolí mého bydliště, která mi byla doporučena samotnou firmou BENEKOV. Celková cena investičních nákladů  $N_I = 178\,624,64$  Kč. Podrobnější popis těchto investičních nákladů je v (Příloha č.8).

Tabulka 28. Investiční náklady na kotel na tuhá paliva BENEKOV

Popis položek	Cena [Kč]
Benekov C 27 PREMIUM, 25kW	80 991,00
Ventil 3 - cestný	1 304,28
Čerpadlo oběhové Grundfoss Alpha 2 25-40	8 913,60
ESB servo pohon ARA 639	3 989,61
Regulátor POL. 822 Siemens, prostorový přístroj	2 290,00
Kombinovaný zásobník na TUV Dražice 300 l	16 000,00
Topná spirála TUV TPK 210–12 (3-6) kW	3 737,28
Instalační materiál dopojení automatického kotle	12 700,00
Drobný instalační materiál	3 400,00
Servisní spuštění kotle Benekov a uved.do provozu	3 000,00
Montážní práce	18 000,00
Doprava	1 000,00
V ceně není napojení na komín	
Celkem	155 325,77
<b>Celkem s DPH (15 %)</b>	<b>178 624,64</b>

#### 4.4.2 Provozní náklady

V první řadě určíme spotřebu paliva podle (Rovnice 4.25). V této rovnici je pro nás důležitá celková roční spotřeba energie pro vytápění a přípravu TUV pomocí kotle, kterou můžete vidět v (Rovnice 3.27) a hodnota výhřevnosti hnědého uhlí  $20 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ . V následující rovnici (Rovnice 4.26) již pouze vypočítáme hodnotu celkových nákladů na spotřebované palivo. Cena zvoleného paliva je  $5,28 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$  viz. (Tab. č.16). Cenu za dopravu k této výsledné hodnotě neuvažujeme, protože tato firma má dopravu po cele ČR zdarma při odběru již jedné palety paliva.

$$M_{pal} = \frac{E_{kot\ celk} \cdot 3,6}{H_{pal}} = \frac{65,44 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{20} = 11\,779,2 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1} \quad 4.25$$

$$N_{pal} = M_{pal} \cdot n_{pal} = 11\,779,2 \cdot 5,28 = 62\,194,18 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad 4.26$$

V druhé části těchto provozních nákladů se budeme zabývat cenou za elektrickou energii. Pro tuto variantu je tarifní sazba distribuční společnosti (ČEZ distribuce) D01d. Jedná se o jedno tarifní sazbu. Hodnota hlavního jističe zůstává jako byla doposud a to 20–25 A. [28]

Tabulka 29. Ceník (ČEZ) se sazbou D01d pro variantu č.4 [28]

Popis		Cena [Kč]	Jednotky
Cena za dodávku elektřiny	VT	1 140,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Stálá platba		69,00	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
Cena za distribuci elektřiny	VT	2 203,93	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe	3x20A – 3x25A	23,00	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
Daň z elektřiny		28,30	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Systémové služby		93,63	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]
Činnost OTE		5,40	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
(POZE) Podpora výkupu obnovitelných zdrojů	podle jističe	15,05	[Kč.měsíc <sup>-1</sup> ]
	podle spotřeby	495,00	[Kč.MWh <sup>-1</sup> ]

V (Tab. č.29) můžeme vidět veškeré ceny za elektrickou energii. Tyto hodnoty již stačí vynásobit hodnotou celkové spotřeby elektrické energie, nebo dobou provozu. V tomto případě se jedná o dobu 12 měsíců. Výsledné hodnoty můžete vidět v (Tab. č.30).

Jak v předešlé, tak i v této variantě, je nutné vypočítat hodnotu POZE, jak podle jističe, tak podle spotřeby. Výpočty těchto hodnot můžete vidět v (Rovnice 4.27 a 4.28).

$$POZE_j = 12 \cdot 3 \cdot 25 \cdot 15,05 = \mathbf{13545 \text{ Kč}} \quad 4.27$$

$$POZE_s = 7223,23 \cdot 10^{-3} \cdot 495 = \mathbf{3575,5 \text{ Kč}} \quad 4.28$$

Tabulka 30. Provozní náklady za elektřinu pro variantu č.4

Popis		Cena [Kč]
Cena za dodávku elektřiny	VT	8 234,5
Stálá platba		828,0
Cena za distribuci elektřiny	VT	15 919,5
Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe	3x20A – 3x25A	276,0
Daň z elektřiny		204,4
Systémové služby		676,3
Činnost OTE		64,8
(POZE) Podpora výkupu obnovitelných zdrojů	podle jističe	13 545,0
	podle spotřeby	<b>3 575,5</b>
Celkem		29 779,0
<b>Celkem s 21 % DPH</b>		<b>36 032,6</b>

V této chvíli máme vypočteny všechny potřebné hodnoty pro vyjádření celkových provozních nákladů. Pro tuto variantu provozní náklady za spotřebované množství paliva a elektrické energie vyšly  $N_p = \mathbf{98\,226,78 \text{ Kč}}$ .

## 5 Výběr optimální varianty řešení pro zadaný objekt

### 5.1 Výpočet konkrétní multikriteriální analýzy pomocí metody TOPSIS

V této multikriteriální analýze budeme určovat ideální variantu pro vytápění posuzovaného rodinného domu. Bude se jednat o posuzování čtyř variant. První dvě varianty jsou tepelná čerpadla různých konstrukcí a parametrů. Ve zbylých dvou variantách se jedná o plynový kondenzační kotel a kotel na tuhá paliva s automatickým podavačem.

Tabulka 31. Popis daných variant pro MCA

Varianty	Název varianty	Popis varianty
1	Mitsubishi (PUHZ-SHW230YHA)	Vzduch/Voda
2	2x IVT GREENLINE C11 (Kaskáda)	Země/Voda
3	BAXI Luna Duo-tec +28	Plynový kondenzační kotel
4	BENEKOV C27	Kotel na tuhá paliva

Všechny tyto čtyři varianty budeme posuzovat pomocí čtyř daných kritérií, které jsou pro všechny tyto varianty shodné. Nejdůležitějším kritériem, kterému je přiřazena největší váha jsem zvolil provozní náklady. Jelikož si myslím, že ačkoliv počáteční investice na tyto varianty budou vysoké, tak provozní náklady spojené s životností dané varianty budou dosahovat daleko vyšších hodnot. Dalším dvěma kritériím, která jsou počáteční investice a záruční doba na celý produkt, jsem zvolil stejnou váhu.

Stejnou váhu jsem zvolil proto, že cena tohoto produktu, tedy počáteční investice, je do velké míry spojená s dobou záruky, kterou se nám tak snaží prodejce garantovat, že po tuto dobu nebudeme muset na tento produkt vynakládat dalších finančních prostředků. Posledním kritériem jsem zvolil komfort topení. Tímto kritériem jsem chtěl rozdělit varianty ve kterých nastavíme potřebné parametry, které požadujeme a zbytek topné sezóny se již o nic nemusíme starat a na varianty, které se bohužel bez naší potřebné obsluhy během topného období ani nedají provozovat. Tomuto kritériu jsem zvolil váhu nejnižší. Samotnou hodnotu tohoto kritéria jsem hodnotil v procentním rozmezí 0 až 100 % a to tak, že prvním třem variantám jsem zvolil hodnotu 100 % a variantě s kotlem na tuhá paliva jsem zvolil hodnotu 70 %. Tento rozdíl vznikl tím, že je nutné během topné sezóny doplňovat zásobník kotle palivem a také se musíme starat během celého roku o jeho nákup a následné uskladnění.

Volba vah těchto kritérií je velice subjektivní a záleží převážně na tom, co danému majiteli nemovitosti vyhovuje, nebo co je pro něj nejdůležitější. Proto jsem si vědom toho, že s volbou mnou zvolených jak kritérií, tak vah nemusí každý souhlasit.

Tabulka 32. Popis daných kritérií a vah pro MCA

Kritérium	1	2	3	4
Váha kritéria	0,25	0,35	0,15	0,25
Popis kritéria	Počáteční investice	Provozní náklady	Komfort topení	Záruka na celý produkt
Jednotka	[Kč]	[Kč]	[%]	[roky]



V (Tab. č.32 a č.33) vidíme všechny hodnoty daných variant a k nim přiřazená kritéria. S těmito hodnotami budeme postupně pracovat pomocí vzorců již vysvětlených v teoretické části, až se dostaneme na výslednou tabulku s pořadím všech variant.

*Tabulka 33.Hodnoty variant a kritérií dané MCA*

	Kritérium	Kritérium	Kritérium	Kritérium
Variantá	č.1	č.2	č.3	č.4
č.1	430656,14	78903,5	100	5
č.2	733355	47430,7	100	5
č.3	123021,25	99924,4	100	2
č.4	178624,64	98226,78	70	2

Jako další krok vytvoříme normalizovanou matici a to podle (Rovnice 1.1). Hodnoty vypočtené podle této rovnice můžete vidět v (Tab. č.34).

*Tabulka 34.Normalizovaná matice*

Variantá	Kritérium	Kritérium	Kritérium	Kritérium
	č.1	č.2	č.3	č.4
č.1	0,4907	0,4706	0,5353	0,6565
č.2	0,8356	0,2829	0,5353	0,6565
č.3	0,1402	0,5960	0,5353	0,2626
č.4	0,2035	0,5859	0,3747	0,2626

Dalším krokem je ten, že z (Tab. č.34) každou variantu daného kritéria pronásobíme váhou daného kritéria. Tento postup můžeme vidět v (Rovnice 1.2). Po tomto kroku nám vznikne vážená kritériální matice  $W$ .

*Tabulka 35.Vážená kritériální matice  $W$*

Variantá	Kritérium	Kritérium	Kritérium	Kritérium
	č.1	č.2	č.3	č.4
č.1	0,1227	0,1647	0,0803	0,1641
č.2	0,2089	0,0990	0,0803	0,1641
č.3	0,0350	0,2086	0,0803	0,0657
č.4	0,0509	0,2051	0,0562	0,0657

Jako další budeme určovat hodnoty ideální a bazální varianty podle toho, jestli nás zajímá maximální hodnota, nebo naopak minimální hodnota. Tyto výsledné hodnoty můžeme vidět v (Tab. č.36).

Tabulka 36. Hodnoty ideální a bazální varianty

	Kritérium	Kritérium	Kritérium	Kritérium
	č.1	č.2	č.3	č.4
<b>Ideální varianta</b>	0,0350	0,0990	0,0803	0,1641
<b>Bazální varianta</b>	0,2089	0,2086	0,0562	0,0657

Jako další vypočítáme tzv. vzdálenost od ideální a bazální varianty. Tyto hodnoty vypočítáme pomocí (Rovnice 1.3) pro ideální vzdálenost a podle (Rovnice 1.4) pro bazální vzdálenost.

Tabulka 37. Výpočet vzdálenosti od ideální a bazální varianty

Varianta	$d_i^+$	$d_i^-$
<b>1</b>	0,1095	0,1401
<b>2</b>	0,1738	0,1493
<b>3</b>	0,1473	0,1755
<b>4</b>	0,1476	0,1581

Posledním krokem je určit celkový ukazatel vzdálenosti pomocí (Rovnice 1.5). Dále již stačí jen hodnoty porovnat a určit jejich pořadí od největší hodnoty po nejmenší.

Tabulka 38. Relativní ukazatel vzdálenosti s výsledným pořadím MCA

Varianta	$C_i$	Výsledné pořadí variant	Popis varianty
<b>1</b>	0,5613	1	Vzduch/Voda
<b>3</b>	0,5436	2	Plynový kondenzační kotel
<b>4</b>	0,5172	3	Kotel na tuhá paliva
<b>2</b>	0,4620	4	Země/Voda

Po vyhodnocení celé této multikriteriální analýzy můžete výsledné pořadí vidět v (Tab. č.38). Jako nejlepší, a tedy nejideálnější varianta, nám vyšla varianta č.1 přesněji tepelné čerpadlo vzduch/voda s označením **Mitsubishi Zubadan**.

## 6 Závěr

V úvodní kapitole jsem se snažil čtenáře zasvětit do celkového řešení této diplomové práce tím, že jsem zde rozebral celou řešenou problematiku pomocí teoretického přiblížení, ať už dané multikriteriální analýzy, nebo různých možností vytápění, která budou dále aplikována přímo na posuzovaný objekt.

V další části této práce jsem se zabýval výpočtem celkové tepelné ztráty tohoto domu. Jelikož se v tomto případě jednalo o starší rodinný dům, musel jsem v první části jeho původní stavební plány překreslit pomocí programu AutoCAD, pro další možnosti zpracování. Dále jsem na základě těchto vytvořených plánů mohl namodelovat celý dům podle daných materiálů a konstrukcí v programu TechCON. Již během začátku samotného modelování a zjištění daných hodnot a konstrukcí, pomocí kterých byl tento dům postaven, jsem si byl vědom toho, že výsledná hodnota tepelné ztráty bude v porovnání s moderními technologiemi stavby domů velmi vysoká. Samotný výsledek celkové tepelné ztráty celého domu  $Q_c = 23,045 \text{ kW}$  moje předpoklady jenom potvrdil. Tato hodnota hrála během celé tvorby této práce velmi značnou roli.

V další části jsem se zabýval samotnou aplikací všech vybraných variant na posuzovaný objekt. Jako nejekonomičtější z pohledu provozních nákladů nám vyšla varianta č.2 s tepelným čerpadlem země/voda od firmy IVT. Jeho provozní náklady dosáhly během celého ročního provozu výše 47 430,7 Kč. Na druhém místě se umístilo tepelné čerpadlo vzduch/voda již se značně vyššími provozními náklady a to 78 903,5 Kč. Na posledních dvou místech se s nepatrným rozdílem umístily varianty kotel na tuhá paliva a plynový kondenzační kotel. Obě tyto varianty skoro překonaly hranici 100 000 Kč.

Co se týče jejich investičních nákladů, tak máme pořadí skoro přesně opačné. A to tak, že nejlevnější variantou se stal plynový kondenzační kotel. Cena investičních nákladů pro tuto variantu se vyšplhala pouze na  $N_I = 123\,021,25 \text{ Kč}$ . Za to jako nejdražší a nejvíce ekonomicky náročná, co se týče investičních nákladů vyšla varianta s tepelným čerpadlem země/voda s cenou  $N_I = 733\,335 \text{ Kč}$ . Musím zde podotknout, že již se jedná o levnější variantu s plošným kolektorem. Varianta s geotermálním vrtem zde v této konkurenci již úplně ztrácela smysl, protože její pořizovací cena byla okolo 1 000 000 Kč.

Po vyhodnocení celé multikriteriální analýzy mi vyšlo, že nejlepší varianta pro tento posuzovaný objekt je tepelné čerpadlo vzduch/voda od firmy Mitsubishi. Ale musím zde podotknout, že na druhém místě s nevelkým rozdílem mezi těmito variantami skončila varianta s plynovým kondenzačním kotlem. Úplně na posledním místě skončilo tepelné čerpadlo země/voda s velkým odstupem. Tento výsledek se dal očekávat, jelikož tepelné čerpadlo země/voda dosahovalo sice nejnižších provozních nákladů, ale ceně investičních nákladů na plynový kotel a kotel na tuhá paliva jde jen těžko konkurovat. Můj názor je na to takový, že co se týče plynových kotlů a kotlů na tuhá paliva nejsou tak cenově náročné, ať už potřebujeme malý nebo vysoký topný výkon. Zatímco tepelná čerpadla do nižších tepelných výkonů jsou sice finančně náročná, ale ne až tak značně, jako tepelná čerpadla, která dosahují vysokých topných výkonů jako v našem případě.

Jako hlavní problém zde spatřuji velmi znatelnou tepelnou ztrátu celého objektu. Tato tepelná ztráta by se dala dostatečně snížit celkovým zateplením daného objektu. Tímto bychom se podle mého

názoru dostali na přibližně poloviční hodnotu, což by mělo za následek jak snížení provozních, tak hlavně investičních nákladů na určitou variantu.

## Seznam použité literatury

- [1] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava ve vydavatelství Montanex, 2008. ISBN 978-80-7225-291-6
- [2] HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ a Vladimír KRÁL. *Elektrotepelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04938-9
- [3] Komfort kotlů na tuhá paliva. In: Tzb-info.cz [online]. 2018 [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/17137-komfort-kotlu-na-tuha-pevna-paliva-cast-i>
- [4] Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. In: Tzb-info.cz [online]. 2004 [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>
- [5] Klasické a kondenzační plynové kotle. In: Cs.wikipedia.org [online]. [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Plynov%C3%BD\\_kotel#Klasick%C3%A9\\_a\\_kondenza%C4%8Dn%C3%AD\\_plynov%C3%A9\\_kotle](https://cs.wikipedia.org/wiki/Plynov%C3%BD_kotel#Klasick%C3%A9_a_kondenza%C4%8Dn%C3%AD_plynov%C3%A9_kotle)
- [6] Jak funguje kondenzační kotel. In: Viessmann.cz [online]. [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-funguje-kondenzacni-kotel.html>
- [7] Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. In: Tzb-info.cz [online]. [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicевrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [8] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. In: Tzb-info.cz [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [9] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. In: Tzb-info.cz [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [10] Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody [online]. In: Tzb-info.cz [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>
- [11] Specifications. In: Zubadan.info.hu [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: [https://www.zubadan.info.hu/aruhaz/media/pdf/zubadan\\_puhz\\_shw230yka\\_muszaki\\_adatok\\_en.pdf](https://www.zubadan.info.hu/aruhaz/media/pdf/zubadan_puhz_shw230yka_muszaki_adatok_en.pdf)
- [12] Katalog 2017/2018. In: Zubadan.cz [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: [http://www.zubadan.cz/tepelne-cerpadlo-zubadan-download?f=qg9cdz&n=katalog\\_tepelnych\\_cerpadel\\_vzduch-voda\\_od\\_mitsubishi\\_electric\\_pro\\_r-2017-2018.pdf](http://www.zubadan.cz/tepelne-cerpadlo-zubadan-download?f=qg9cdz&n=katalog_tepelnych_cerpadel_vzduch-voda_od_mitsubishi_electric_pro_r-2017-2018.pdf)

- [13] Český instalatér [online]. 2018, 28(1) [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: [https://www.tzb-info.cz/docu/casopisy/0009/000932\\_cesky-instalater-cislo-1-2018.pdf](https://www.tzb-info.cz/docu/casopisy/0009/000932_cesky-instalater-cislo-1-2018.pdf)
- [14] Venkovní jednotka Zubadan inverter. In: Zubadan.cz [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <http://www.zubadan.cz/vytapeni-tepelne-cerpadlo-foto-video?i=1016#>
- [15] Karviná - Ráj - Měsíční historie počasí. Freemeteo.cz [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://freemeteo.cz/pocasi/raj/historie/mesicni-historie/?gid=3067089&station=3991&month=5&year=2015&language=czech&country=czech-republic>
- [16] ALPHA1 L. In: Obchod.remont-cerpadla.cz [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://obchod.remont-cerpadla.cz/pdf/ALPHA1-navod.pdf>
- [17] Návod k obsluze a instalaci OKC NTR/BP. In: Dzd.cz [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/component/phocadownload/category/32-32-okc-ntr-bp?download=473:navod-k-obsluze-a-instalaci-okc-ntr-bp>
- [18] IVT GREENLINE HE. In: www.cerpadla-ivt.cz [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: [https://www.cerpadla-ivt.cz/?download=technicky\\_list\\_ivt\\_greenline\\_he.pdf](https://www.cerpadla-ivt.cz/?download=technicky_list_ivt_greenline_he.pdf)
- [19] Katalog tepelných čerpadel IVT. Uni-term.com [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: [http://www.uni-therm.com/userdata/articles/10/katalog\\_vyrobkuv\\_ivt.pdf](http://www.uni-therm.com/userdata/articles/10/katalog_vyrobkuv_ivt.pdf)
- [20] Luna Duo-tech+. In: Baxi.cz [online]. 2016 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://www.baxi.cz/index.php?cmd=download&id=1397>
- [21] UBVT 200...400 SC: Návod k montáži obsluze a údržbě. In: Baxi.cz [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://www.baxi.cz/index.php?cmd=download&id=881>
- [22] Návod k obsluze Benekov C17, C27, C37, C57. In: Benekov.cz [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <http://www.benekov.com/download/74.pdf>
- [23] BENEKOV C 27. In: Benekov.com [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: [http://www.benekov.com/galerie\\_produkty/big/benekov-c-27\\_32.jpg](http://www.benekov.com/galerie_produkty/big/benekov-c-27_32.jpg)
- [24] PYTLOVANÉ HNĚDÉ MOSTECKÉ UHLÍ OŘECH 2. Optimtop.cz [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://www.optimtop.cz/pytlovane-hnede-mostecke-uhli-orech-2-pro-automaticke-kotle-800-kg/>
- [25] DŘEVĚNÉ PELETY PREMIUM. Optimtop.cz [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://www.optimtop.cz/drevene-pelety-premium-enplus-a1-k-825-kg/>
- [26] TOPNÁ SPIRÁLA – Dražice TPK 210 - 12. Topenilevne.cz [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: Topná spirála: TPK 210 - 12. Dostupné také z: <https://www.topenilevne.cz/drazice-tpk-210-12-3-6kw-p38482/>
- [27] Grundfos ALPHA 2. In: Www.kto.cz [online]. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: [http://www.kto.cz/picture/pdf/grundfos\\_alpha2\\_navod.pdf](http://www.kto.cz/picture/pdf/grundfos_alpha2_navod.pdf)

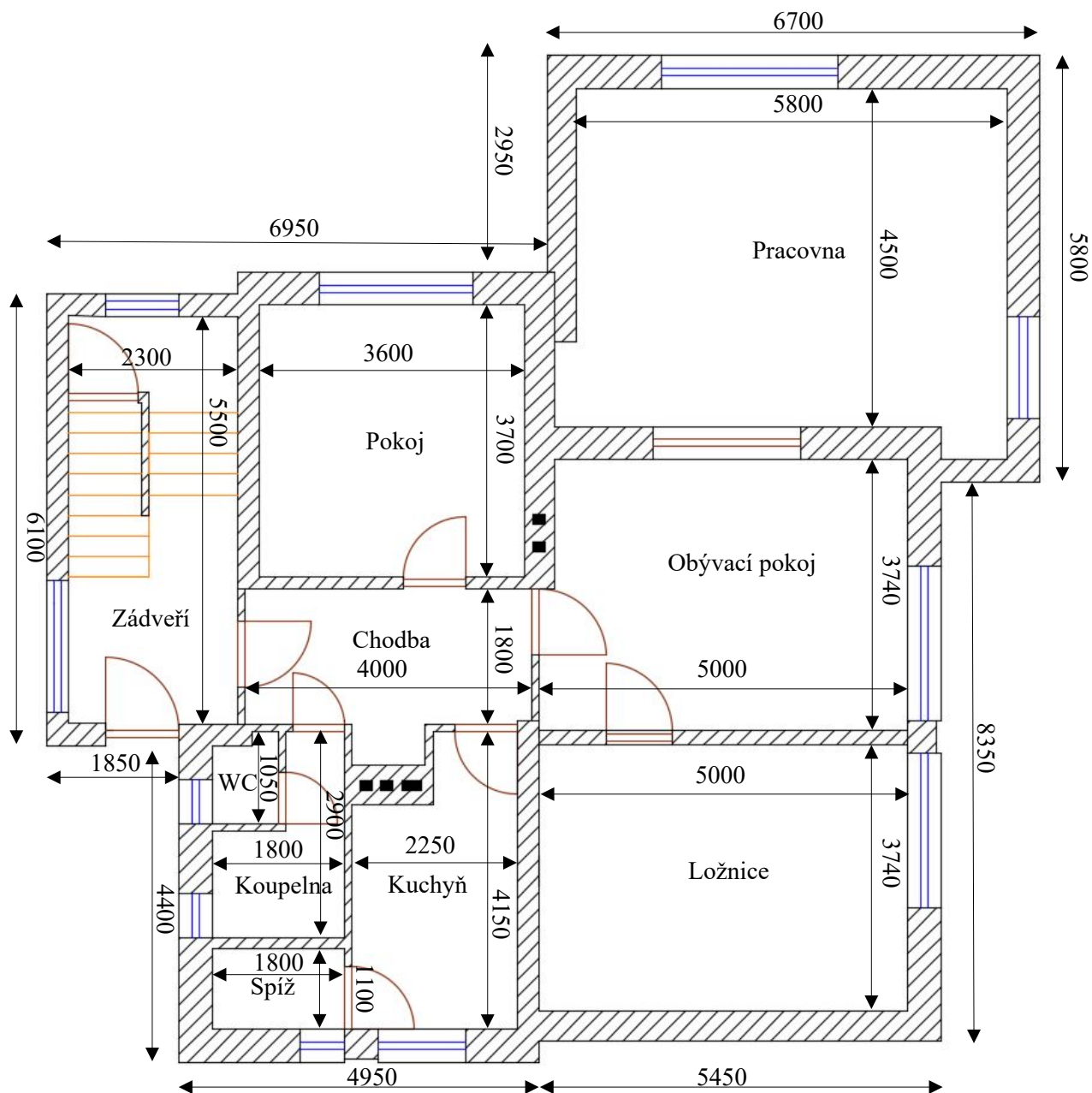
- [28] Elektrina na 1 rok. In: Cez.cz [online]. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2018/moo/web\\_cenik\\_elektrina\\_na\\_1\\_rok\\_moo\\_2018\\_2\\_vezdi.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2018/moo/web_cenik_elektrina_na_1_rok_moo_2018_2_vezdi.pdf)
- [29] Baxi technický ceník. Baxi.cz [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://www.baxi.cz/ceniky/?action=download&aId=2158>
- [30] Ceník spotřeby plynu pro rok 2018. In: Eon.cz [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/-a159955---35WruISJ/cenik-variant-k-19-11-2018-vcetne-regulovanych-cen-distribucni-uzemi-gasnet-pdf>

## Seznam příloh

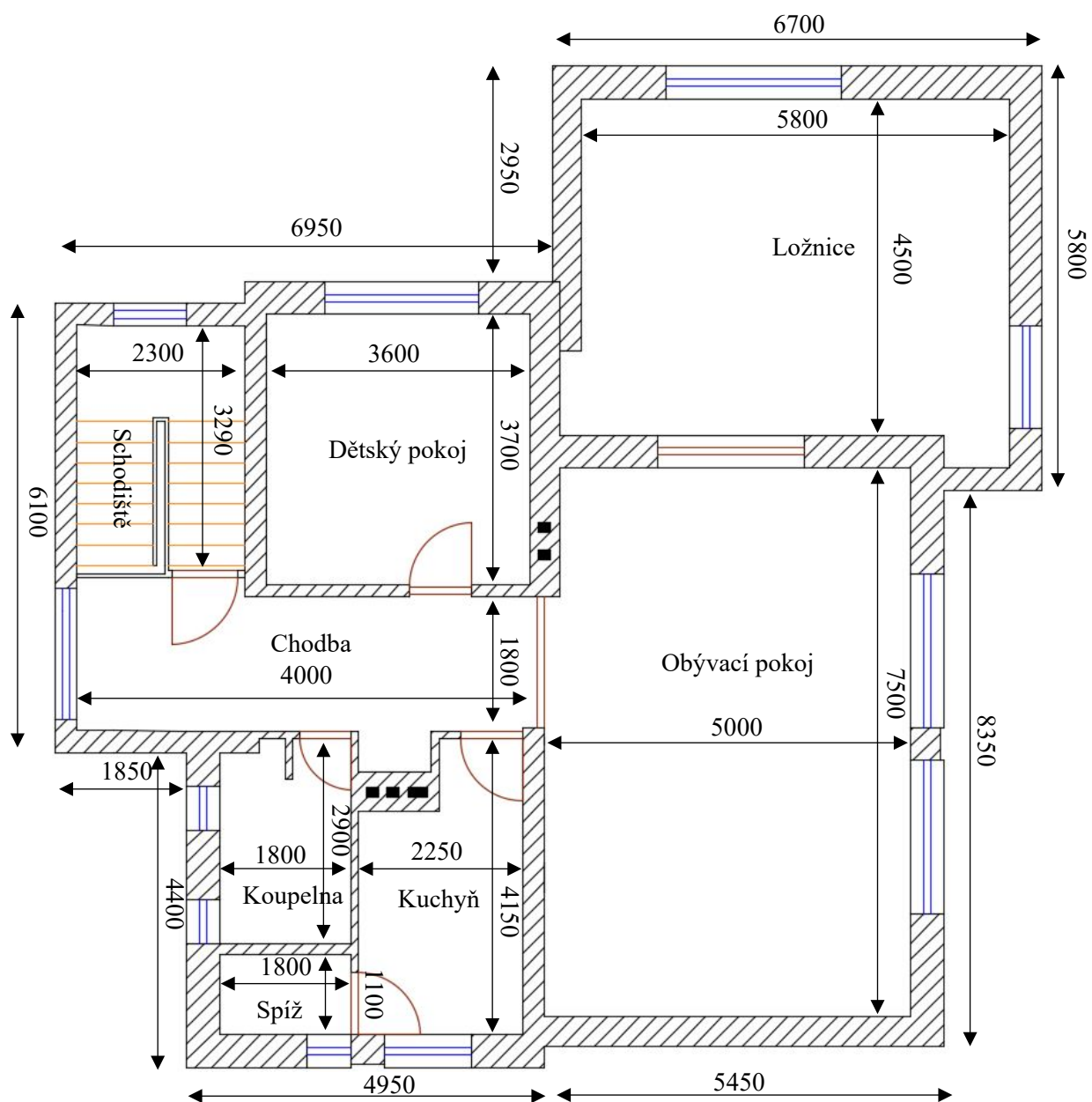
<b>Příloha 1.</b> Půdorys prvního patra rodinného domu .....	73
<b>Příloha 2.</b> Půdorys druhého patra rodinného domu.....	74
<b>Příloha 3.</b> Namodelované dva podlaží daného domu v programu TechCON .....	75
<b>Příloha 4.</b> Výsledná tabulka tepelných ztrát z programu TechCON .....	76
<b>Příloha 5.</b> Cenová nabídka na tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan .....	77
<b>Příloha 6.</b> Cenová nabídka na tepelné čerpadlo 2 x IVT GREENLINE C11 .....	78
<b>Příloha 7.</b> Cenová nabídka na kondenzační plynový kotel BAXI LUNA.....	79
<b>Příloha 8.</b> Cenová nabídka na kotel na tuhá paliva BENEKOV .....	80



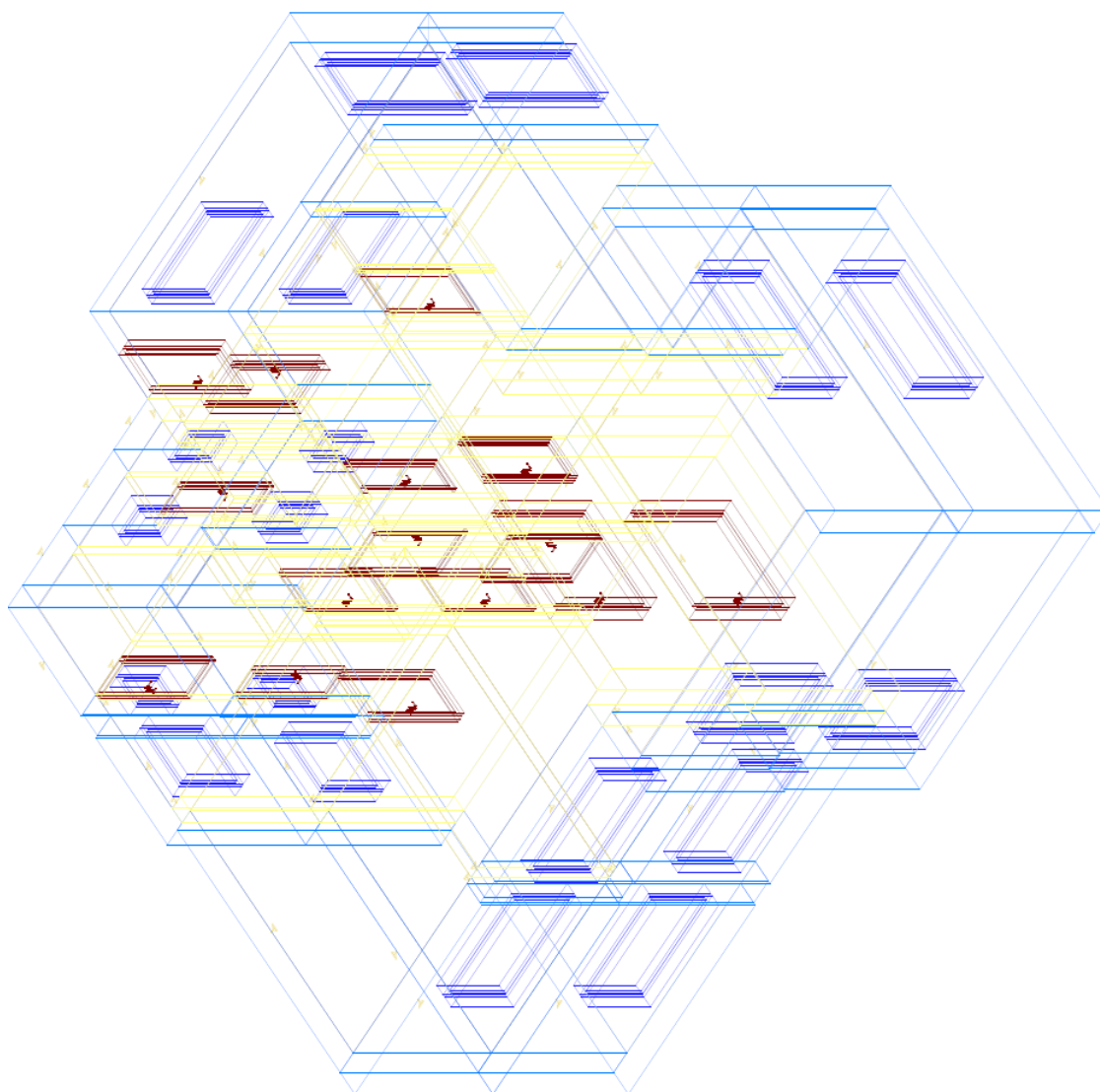
## Příloha 1. Půdorys prvního patra rodinného domu



**Příloha 2. Půdorys druhého patra rodinného domu**



**Příloha 3.** Namodelované dva podlaží daného domu v programu TechCON



#### Příloha 4. Výsledná tabulka tepelných ztrát z programu TechCON

$$\Phi$$
-15°C $\ominus_{m,c}$ 4°C

č.	č.m.	Účel místnost	$\theta_{in,i}$	$A_i$	$V_i$	$\varepsilon_i$	$V_{in,i}^V$	$V_{out,i}^V$	$\theta_{out}$	$V_{ex,i}^V$	$V_{mech...}^V$	$V_{systm}^V$	$V_{f,i}^V$	$\eta$	$\eta_{min}$	$V_{min,i}$	$V_{f,\nu}^V$	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$	$\eta_{in}$	$\Phi_{RM,i}$	$\Phi_{RM,i}$
1	1.1	Zádvěří	15.0	12.77	37.03	1.0	6.7	-	-	-	-	-	6.7	0.2	0.5	18.5	18.5	189	1397	1.00	0	1586
2	1.10	Pracovna	20.0	27.32	73.76	1.0	13.3	-	-	-	-	-	13.3	0.2	0.5	36.9	36.9	439	2279	1.00	0	2718
3	1.2	Pokoј	20.0	13.28	35.84	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	17.9	17.9	213	720	1.00	0	933
4	1.3	WC	20.0	1.01	2.73	1.0	0.3	-	-	-	-	-	0.3	0.1	0.5	1.4	1.4	16	97	1.00	0	113
5	1.4	Koupelna	24.0	3.64	9.82	1.0	1.2	-	-	-	-	-	1.2	0.1	1.5	14.7	14.7	195	682	1.00	0	877
6	1.5	Chodba	20.0	7.38	19.94	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	10.0	10.0	119	11	1.00	0	130
7	1.6	Kudyně	20.0	8.01	21.63	1.0	2.6	-	-	-	-	-	2.6	0.1	1.5	32.5	32.5	386	443	1.00	0	829
8	1.7	Vedlejší místn.	8.1	1.96	5.29	1.0	0.6	-	-	-	-	-	0.6	0.1	0.5	2.6	2.6	21	-21	1.00	0	0
9	1.8	Ložnice	20.0	18.13	48.94	1.0	5.9	-	-	-	-	-	5.9	0.1	0.5	24.5	24.5	291	1346	1.00	0	1637
10	1.9	Obyvad.pokoј	20.0	18.02	48.67	1.0	5.8	-	-	-	-	-	5.8	0.1	0.5	24.3	24.3	290	535	1.00	0	825
11	2.1	Schodiště	15.0	7.78	20.55	1.0	2.5	-	-	-	-	-	2.5	0.1	0.5	10.3	10.3	105	1230	1.00	0	1335
12	2.2	Chodba	20.0	12.74	33.63	1.0	4.0	-	-	-	-	-	4.0	0.1	0.5	16.8	16.8	200	1123	1.00	0	1323
13	2.3	Dětský pokoј	20.0	13.28	35.05	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	17.5	17.5	209	1072	1.00	0	1281
14	2.4	Ložnice	20.0	27.27	71.98	1.0	13.0	-	-	-	-	-	13.0	0.2	0.5	36.0	36.0	428	3086	1.00	0	3514
15	2.5	Obyvad.pokoј	20.0	37.15	98.08	1.0	17.7	-	-	-	-	-	17.7	0.2	0.5	49.0	49.0	584	3027	1.00	0	3611
16	2.6	Koupelna	24.0	4.86	12.84	1.0	2.3	-	-	-	-	-	2.3	0.2	1.5	19.3	19.3	255	973	1.00	0	1228
17	2.7	Vedlejší místn.	6.1	1.95	5.15	1.0	0.6	-	-	-	-	-	0.6	0.1	0.5	2.6	2.6	19	-18	1.00	0	1
18	2.8	Kudyně	20.0	8.01	21.15	1.0	2.5	-	-	-	-	-	2.5	0.1	1.5	31.7	31.7	378	727	1.00	0	1105
Spolu:				224.6	602.1			0.0		0.0	0.0							4336	18709		0	23045

## Výsledky

- Součet tepelných ztrát přechodem tepla všech vytápěných prostorů

(mimo tepla srnaho se uvnitř budovy - např. tepelné ztráty mezi jednotlivými byty)

- Tepelné ztráty větráním všech vytápěných prostorů

$$(\Sigma V_i = 0.5 \cdot \Sigma V_{inf,i} + \Sigma V_{su,i}^{*CF} + \Sigma V_{su,sm}^{*CF} + \Sigma V_{mech,inf,i})$$

- Součet tepelných příkonů na zátáp všech

potrebný na vyrovnaní vlivu prerušovaného vytápění

- Projektovaný tepelný příkon pro celou budovu

Projektovaný tepelný příkon není součtem tepelných ztrát místnosti, nezapočítává teplo, které se šíří přechodem nebo větráním uvnitř obalových konstrukcí, např.: tepelné ztráty mezi jednotlivými byty.

Pro celou budovu se také počítá menší objemový tok vzduchu (pro ztráty větráním), podle vzorce:  $\max (0,5 * \sum V_{inf,i}, \sum V_{min,j})$

$$\dot{\Phi}_T = 18709 \text{ W}$$
$$\dot{\Phi}_V = 4336 \text{ W}$$

$$W = H^2 \Phi$$

 $\dot{\Phi}_{HL} = 23045 \text{ W}$

**Příloha 5.** Cenová nabídka na tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan

Pol. č.	Položka – popis	Počet	MJ	Cena za položku [Kč]	Celkem [Kč]
1	PUHZ-SHW230YKA – venkovní jednotka	1	ks	200 000,00	200 000,00
2	EHSE-YM9EC – vnitřní jednotka	1	ks	94 800,00	94 800,00
3	Auraton 2030 RTH – prostorový termostat	1	ks	2 545,00	2 545,00
4	Dražice 100 l	1	ks	3 900,00	3 900,00
5	Elektro materiál	1	ks	4 500,00	4 500,00
6	Expanzní nádoba (NG50/6)	1	ks	1 900,00	1 900,00
7	Chladírenský materiál	1	ks	4 500,00	4 500,00
8	Oběhové čerpadlo (Grundfos – ALPHA1 L25-60	1	ks	2 600,00	2 600,00
9	Silentblok	4	ks	59,90	239,60
10	Ventil třícestný (MOD.SF 25)	1	ks	3 499,00	3 499,00
11	Zásobník TUV Dražice 300 l (OKC 300 NTR/BP)	1	ks	16 000,00	16 000,00
12	Topenářské práce	1	ks	25 000,00	25 000,00
13	Chladírenské práce, připojení, doprava	1	ks	15 000,00	15 000,00
14	Záruka na 5 let	1	ks	V ceně	V ceně
Celkem					374 483,60 Kč
<b>Celkem s DPH (15 %)</b>					<b>430 656,14 Kč</b>
Tato cenová nabídka byla vytvořena ve spolupráci s firmou <b>AM SERVIS &amp; DISTRIBUCE</b>					
Obchodní zástupce – Lucie Menšíková					

**Příloha 6.** Cenová nabídka na tepelné čerpadlo 2 x IVT GREENLINE C11

Pol. č.	Položka – popis	Počet	MJ	Cena za položku [Kč]	Celkem [Kč]
1	2x IVT GREENLINE C11	1	ks	454 000,00	454 000,00
2	Zásobník TUV Dražice 300 l	1	ks	16 000,00	16 000,00
3	Elektrokotel	-	-	v ceně	v ceně
4	Nízkoenergetická oběhová čerpadla	-	-		
5	Moderní grafický ekvitermní regulátor	-	-		
6	Pojistný ventil a expanzní nádoba primárního okruhu	-	-		
7	Trojcestný ventil pro připojení zásobníku teplé vody	-	-		
8	Filterbally pro zachycení nečistot, plnicí souprava	-	-		
9	Materiál, montáž a doprava tepelného čerpadla	1	-	38 500,00	38 500,00
10	Uvedení do provozu a zaškolení obsluhy	1	-	5 000,00	5 000,00
11	HDPE hadice pro zemní kolektor	1000	m	56,00	56 000,00
12	Propojení sběračů tepla, nemrznoucí směs	1	-	40 000,00	40 000,00
13	Akumulátor topné vody (BC 100)	1	ks	18 000,00	18 000,00
14	Dopojení k topnému systému	1	-	4 500,00	4 500,00
15	Zapojení elektro	1	-	1 800,00	1 800,00
16	Připojení zásobníku na rozvod vody	1	-	3 900,00	3 900,00
17	Záruka na 5 let	1	-	V ceně	V ceně
Celkem					637 700,00 Kč
<b>Celkem s DPH (15 %)</b>					<b>733 355,00 Kč</b>
Tato cenová nabídka byla vytvořena ve spolupráci s firmou <b>REPAX Orlová</b> Obchodní zástupce – Ing. Stanislav Czudek					

**Příloha 7.** Cenová nabídka na kondenzační plynový kotel BAXI LUNA

Pol. č.	Položka – popis	Počet	MJ	Cena za položku [Kč]	Celkem [Kč]
1	BAXI Luna Duo-tec +28	1	ks	42 590,00	42 590,00
2	Akumulační nádoba na TUV s jedním výměníkem UBVT 300 SC	1	ks	27 190,00	27 190,00
3	Prostorový termostat programovatelný QAA73.210	1	ks	2 990,00	2 990,00
4	Vnější sonda QAC34/101	1	ks	650,00	650,00
5	Trojcestný ventil SVP45.10-1,6/230	1	ks	3 990,00	3 990,00
6	Topenářské a montážní práce	1	-	15 000,00	15 000,00
7	Vyvložkování komínu (nerez) 9 m	1	-	9 565,00	9 565,00
8	Doprava	1	-	5 000,00	5 000,00
Celkem					106 975,00 Kč
<b>Celkem s DPH (15 %)</b>					<b>123 021,25 Kč</b>
Tato cenová nabídka byla tvořena ve spolupráci s firmou <b>BDR Thermea</b> (Czech Republic) s.r.o.  Obchodně – technický poradce – Jiří Chrascina  Cenová nabídka na vyvložkování komínu byla vytvořena ve spolupráci s firmou <b>Kominictví David Rožnovják</b>  Jednatel – David Rožnovják					

**Příloha 8.** Cenová nabídka na kotel na tuhá paliva BENEKOV

Pol. č.	Položka – popis	Počet	MJ	Cena za položku [Kč]	Celkem [Kč]
1	Benekov C 27 PREMIUM	1	ks	80 991,00	80 991,00
2	Ventil směšovací 3 - cestný	1	ks	1 304,28	1 304,28
3	Čerpadlo oběhové Grundfoss Alpha 2 25-40	3	ks	2 971,20	8 913,60
4	ESB servo pohon ARA 639	1	ks	3 989,61	3 989,61
5	Regulátor POL. 822 Siemens, prostorový přístroj	1	ks	2 290,00	2 290,00
6	Ohřívač vody kombinovaný Dražice 300 l + Topná spirála TPK 210–12	1		16 000,00	16 000,00
7	Instalační materiál dopojení automatického kotle	1	sada	12 700,00	12 700,00
8	Drobný instalační materiál	1	ks	3 400,00	3 400,00
9	Servisní spuštění kotle Benekov a uved.do provozu	1	sada	3 000,00	3 000,00
10	Montážní práce	1	-	18 000,00	18 000,00
10	Doprava	1	-	1 000,00	1 000,00
11	V ceně není napojení na komín	-	-		
Celkem					155 325,77 Kč
<b>Celkem s DPH (15 %)</b>					<b>178 624,64 Kč</b>
Tato cenová nabídka byla vytvořena ve spolupráci s firmou <b>VODA-TOPENI-PLYN-SOLÁRNÍ SYSTÉMY</b>					
Obchodní zástupce – Karel Berek					